



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ



АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ
И ОБРАЗОВАНИЯ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ И ОБРАЗОВАНИЯ — 2023

Сборник докладов IV Национальной научной конференции
(г. Москва, 15 декабря 2023 г.)

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2024

ISBN 978-5-7264-3367-7

Москва
Издательство МИСИ – МГСУ
2024

УДК 69+378
ББК 38+74.4
А43

- А43 **Актуальные проблемы строительной отрасли и образования — 2023** [Электронный ресурс] : сборник докладов IV Национальной научной конференции (г. Москва, 15 декабря 2023 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, управление научной политики. — Электрон. дан. и прогр. (33 Мб) — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2024. — URL: <https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/>. — Загл. с титул. экрана.
ISBN 978-5-7264-3367-7

Содержит доклады участников IV Национальной научной конференции «Актуальные проблемы строительной отрасли и образования — 2023», рекомендованные Программным комитетом к публикации.

На конференции были представлены доклады преподавателей, специалистов, руководителей исследовательских центров, научных школ, научных руководителей магистрантов, аспирантов и докторантов.

Для научных работников, специалистов, аспирантов, магистрантов и обучающихся высших учебных заведений строительной отрасли.

Научное электронное издание

*Доклады публикуются в авторской редакции.
Авторы опубликованных докладов несут ответственность
за достоверность приведенных в них сведений.*

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2024

Подбор материала и ответственные за выпуск:
М.В. Емельянов, К.Е. Миронов

Управление научной политики
Тел. 7 (495) 287-49-14, вн. 2393; 2673
E-mail: grant@mgsu.ru, MironovKE@mgsu.ru
http://mgsu.ru/science/Nauchniye_meropr/

Компьютерная верстка *К.Е. Миронова*

Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2013, Adobe Acrobat

Подписано к использованию 11.01.2024. Объем данных 33 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26.

Издательство МИСИ – МГСУ.
Тел.: (495) 287-49-14, вн. 14-23, (499) 183-91-90, (499) 183-97-95.
E-mail: rio@mgsu.ru

Организатор: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ).

Дата проведения: 15 декабря 2023 года.

Место проведения: Москва, Ярославское шоссе, 26, НИУ МГСУ.

Тематика конференции:

- Теория сооружений. Строительные конструкции.
- Строительные материалы и технологии.
- Градостроительство. Архитектура.
- Экологическая безопасность в строительстве и городском хозяйстве.
- Безопасность зданий и сооружений.
- Организационно-методические и общетехнические вопросы в строительстве.
- Цифровые технологии в строительстве.
- Инженерные системы и средства механизации в строительстве и ЖКХ.
- Комплексная безопасность в гидротехническом, энергетическом и геотехническом строительстве.
- Экономика и управление в сфере строительства и недвижимости.

Научный комитет:

- Акимов П.А. – ректор, председатель Научного комитета;
- Тер-Мартirosян А.З. – проректор, заместитель председателя Научного комитета;
- Галишников В.В. – проректор, заместитель председателя Научного комитета;
- Волгин В.В. – проректор;
- Кайтуков Т.Б. – проректор;
- Фазылзянова Г.И. – проректор;
- Кабанцев О.В. – директор научно-технических проектов;
- Туснин А.Р. – директор ИПГС;
- Казарян А.Ю. – директор ИАГ;
- Анискин Н.А. – директор ИГЭС;
- Спицов Д.В. – директор ИИЭСМ;
- Филатов В.В. – директор ИЦТМС;
- Орлов А.К. – директор ИЭУКСН;
- Федорова Н.В. – директор филиала НИУ МГСУ в г. Мытищи;
- Сидоров В.Н. – советник при ректорате.

Рабочая группа:

- Емельянов М.В. – начальник УНП, руководитель Рабочей группы;
- Алексейцев А.В. – ответственный за научную работу ИПГС;
- Слепнев П.А. – ответственный за научную работу ИАГ;
- Макиша Н.А. – ответственный за научную работу ИИЭСМ;
- Сергеев С.А. – ответственный за научную работу ИГЭС;
- Федоров С.С. – ответственный за научную работу ИЦТМС;
- Канхва В.С. – ответственный за научную работу ИЭУКСН;
- Алексанин А.В. – ответственный за научную работу филиала НИУ МГСУ в г. Мытищи;
- Казарян Р.А. – начальник сектора ОНИРС УНП;
- Миронов К.Е. – инспектор сектора ОНИРС УНП.

Содержание

Секция 1. Теория сооружений. Строительные конструкции

А.Р. Туснин, И.В. Мыльников, В.М. Туснина КОНТАКТНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В СТАЛЬНЫХ КАРКАСАХ МНОГОЭТАЖНЫХ БЫСТРОВЗВОДИМЫХ ЗДАНИЙ.....	24
Ю.Д. Маркина АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МЕСТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ОТ КАТКОВ КРАНОВ В ПОДКРАНОВО-ПОДСТРОПИЛЬНОЙ ФЕРМЕ	30
А.Г. Тамразян МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА	38
В.В. Миронов, Ю.А. Иванюшин, Д.А. Суглобов ВАКУУМНЫЙ АНКЕР ДЛЯ СЪЕМНИКОВ ЭНЕРГИИ МОРСКИХ ВОЛН.....	43
М.О. Лобовский СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ДВУХВЕТВЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	47
С.Ю. Савин, В.И. Колчунов, В.Ф.Т. Ле РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАМ С УЧЕТОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИСКРЕТНЫХ ТРЕЩИН	51
О.А. Туснина, А.В. Алексейцев ИДЕНТИФИКАЦИЯ НАГРУЖЕННОСТИ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ	57
Д.Е. Капустин, Нема Соному МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ БЕТОНОВ ПРИ ТРЕХОСНОМ НАГРУЖЕНИИ.....	63
Г.П. Тонких, И.А. Аверин НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ БЕТОНА СО СПИРАЛЬНЫМ АРМИРОВАНИЕМ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ	70
В.И. Римшин, И.С. Кузина, Е.С. Кецко, Д.А. Соляников МЕТОДИКА РАСЧЕТА ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ МОНОЛИТНОГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ	79
Н.Т. Ву, А.И. Ахметова ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ СДВИГА НА ПРОГИБЫ БАЛКИ ПРИ ПЛОСКОМ ПОПЕРЕЧНОМ ИЗГИБЕ.....	86
М.А. Дежин, А.М. Ибрагимов ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЕДИНЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАКЛАДКАХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ СПОСОБОМ. ЧАСТЬ 1. РАЗРАБОТКА ОБРАЗЦОВ	91
А.А. Василькин, Г.В. Зубков МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ УСИЛИЯ НАТЯЖЕНИЯ БОЛТОВ СДВИГОУСТОЙЧИВЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	97

В.А. Люблинский, Н.Н. Люблинская, М.Н. Трофимова СОПРОТИВЛЕНИЕ МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ С ПЕРЕКРЫТИЯМИ ИЗ ЛЕГКОГО ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА СЕЙСМИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ.....	104
Е.О. Хегай, В.И. Морозов, А.О. Хегай РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ РАСЧЕТА ТОЛСТОСТЕННЫХ ОБОЛОЧЕК НА ДЕЙСТВИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ.....	109
С.С. Шилов, А.В. Симонов, П.А. Хазов ЧИСЛЕННОЕ И ФИЗИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДВОЙКОЙ КРИВИЗНЫ.....	116
В.Д. Терин, К.Е. Дрога СЦЕПЛЕНИЕ С БЕТОНОМ БУНТОВОЙ АРМАТУРЫ МАЛЫХ ДИАМЕТРОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ.....	125
О.А. Туснина, А.А. Колчанов ДИНАМИЧЕСКОЕ ДОГРУЖЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПОПЕРЕЧНОЙ РАМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ПОВРЕЖДЕНИИ.....	134
Д. Кахамарка-Сунига, О.В. Кабанцев МИКРОМОДЕЛИРОВАНИЕ НОРМАЛЬНОЙ И ТАНГЕНЦИАЛЬНОЙ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ УПРОЩЕННЫХ МОДЕЛЕЙ КАМЕННОЙ КЛАДКИ.....	140
Л.Ю. Тягунова ОЦЕНКА ВИБРОСОСТОЯНИЯ ПУТЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДАНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ	147
Т.А. Мацеевич, С.В. Герасимова МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, ПОВРЕЖДЕННЫХ КОРРОЗИЕЙ.....	153
А.П. Помазов, П.А. Хазов ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРУБОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПОЛИМЕРНОЙ ОБОЛОЧКОЙ	158
А.Р. Туснин, Т.В. Галстян, М.П. Бергер ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ КОЛОНН.....	163

Секция 2. Строительные материалы и технологии

Нгуен Ван Минь ПРОДВИЖЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ С БЕТОНОМ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ.....	170
В.В. Зайцев МИНИМИЗАЦИЯ ВЫСОЛООБРАЗОВАНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ НАРУЖНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПАНЕЛЕЙ.....	176
М.В. Кондрашов, И.В. Степина ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИГНИНА В КАЧЕСТВЕ СВЯЗУЮЩЕГО ДЛЯ КОМПОЗИТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	185
И.В. Козлова, М.В. Синотова ВЛИЯНИЕ ТОНКОДИСПЕРСНОГО ЦЕОЛИТА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ.....	190
Т.Р. Баркая, П.В. Куляев, Р.З. Цыбина, Г.В. Новиченков, С.О. Токарев ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОУГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.....	194
П.В. Куляев, Р.З. Цыбина, В.В. Белов, Т.Р. Баркая ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ.....	199
Д.Д. Бабаев, К.С. Петропавловский, М.Ю. Завадько, Х.А. Микаэлян ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ШЛАКА В ГЕОПОЛИМЕРАХ: ОБЗОР.....	204
Танг Ван Лам, Фам Дык Луонг, Во Динь Тронг, Б.И. Булгаков ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МНОГОТОННАЖНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕНОБЕТОНА ВО ВЬЕТНАМЕ.....	209
Ю.Р. Кривобородов, Д.А. Лежебоков ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОТВАЛЬНОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ШЛАКА ДЛЯ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В БЕТОНАХ.....	215
А.О. Хубаев ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ РАБОТ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	218
С.В. Самченко, Д.С. Мошковский ВОЗМОЖНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОВШОВОГО ШЛАКА В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ.....	225
М.О. Шамрук, Р.Р. Казарян СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БЫСТРОГО ВОЗВЕДЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ.....	230
С.В. Шашкин, Т.А. Мацевич ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА РЕЛАКСАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СТЕКЛОПЛАСТИКА.....	235
Е.А. Макарова, Р.А. Шырдаев, А.М. Стрельчук, Р.Э. Алимуратов, Ц. Хань ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ НЕФТЕПРОВОДА НА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ.....	240

Ю.А. Жидков, А.С. Иноземцев ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ С ЭФФЕКТОМ «ПАМЯТИ» ФОРМЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ «ЧЕРНИЛ» ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ 3D-ПЕЧАТИ	246
Е.Н. Гушина, И.А. Серских, Д.В. Князева, М.Н. Терехин, В.В. Коньшин ДЕКОРАТИВНЫЕ ПЛИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА КЕДРОВОГО ОРЕХА	253
А.О. Мурашов, А.И. Панченко ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ С НИЗКОМОДУЛЬНЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ	257
А.А. Паронко, М.А. Самохвалов НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ БУРОИНЪЕКЦИОННОЙ СВАИ С УШИРЕННОЙ ПЯТОЙ НА ВЕРТИКАЛЬНУЮ ВДАВЛИВАЮЩУЮ НАГРУЗКУ	262
В.Г. Соловьев, В.А. Швецова ВЛИЯНИЕ ЦИТРАТА НАТРИЯ НА СВОЙСТВА МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА	266
А.И. Лопаева СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В КРУПНОПАНЕЛЬНОМ ДОМОСТРОЕНИИ	271
С.В. Самченко, О.А. Ларсен, Т.Ю. Машина ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШЛАМОВОЙ ВОДЫ ПРИ РЕЦИКЛИНГЕ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ	
Фарах Алаа Альваш, Б.И. Булгаков ВЛИЯНИЕ ЗАМЕНЫ ЧАСТИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА НА МЕТАКАОЛИН НА СВОЙСТВА МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА.....	284
Нгуен Зоан Тунг Лам, С.В. Самченко МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ВЯЖУЩЕГО ВЕЩЕСТВА С КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКОЙ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНАТА КАЛЫЦИЯ.....	288
Е.А. Король, М.В. Садковский ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНА НА ОСНОВЕ ДРОБЛЕННОГО ПЕНОПЛАСТА ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ.....	293
П.Д. Арленинов, П.С. Калмакова СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БАЗЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОННЫХ ОБРАЗЦОВ	300
Д.В. Коньшин СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТЕНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ МНОГОСЛОЙНОЙ 3D-ПЕЧАТИ	308
С.В. Самченко, П.Д. Тоболев ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ БЕТОНЕ	314
О.А. Васильева, О.В. Греков, Н.М. Романов ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА МАТЕРИАЛОВ, ОСНОВАННОГО НА ОДНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ	318

С.В. Самченко, Д.С. Былинкин

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАМЕРЗАНИЯ ЖИДКОЙ ФАЗЫ ЦЕМЕНТНОГО
ТЕСТА НОРМАЛЬНОЙ ГУСТОТЫ321

Секция 3. Градостроительство. Архитектура

О.Н. Чеберева, Е.Ю. Стрельникова АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ РЕСУРСНЫХ ЗОН В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ	327
С.А. Алиев, Е.Д. Терехова, Ш.А. Насуханов ГРОЗНЕНСКИЙ НИИ: МАСТЕР-ПЛАН КАК ИНСТРУМЕНТ ПЛАНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ДИПРЕССИВНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДА. МЕТОДИКИ И ПРИНЦИПЫ РЕШЕНИЯ.....	333
А.В. Панфилов СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ МОБИЛЬНОГО ЖИЛИЩА ДЛЯ ВРЕМЕННОГО ПРЕБЫВАНИЯ.....	340
Е.П. Захватистова, Ю.Г. Страшнова АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ОРГАНИЗАЦИИ НЕПРЕРЫВНОГО ПРИРОДНО- РЕКРЕАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА МОСКВЫ.....	345
И.А. Миронова, О.И. Ширяева ОСОБЕННОСТИ АНАЛИТИЧЕСКОГО ЭТАПА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЦВЕТОВОЙ СРЕДЫ ИСТОРИЧЕСКИХ ГОРОДОВ НА ПРИМЕРЕ УЛ. ЛЕНИНА, Г.ОРЕЛ.....	350
Д.Е. Пылёва ТЕНДЕНЦИИ «ЗЕЛЁНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА» – ФУНДАМЕНТ РЕАЛИЗАЦИИ ФАКТОРОВ КОМФОРТНОСТИ СОВРЕМЕННОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ.....	356
Чао Чжоу, В.Н. Ткачѳв ПЕЩЕРНАЯ АРХИТЕКТУРА КИТАЯ	361
Н.А. Самойлова, И.В. Москаленко ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СФЕРЕ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ СРЕДЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	370
С. Махрука, Н.В. Бакаева ОСОБЕННОСТИ ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТОВ ТЕРРИТОРИЙ ИСТОРИЧЕСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ В Г. ДАМАСК В САР.....	378
М.Т. Алсаиед Ахмад ГИБКОСТЬ И АДАПТАЦИЯ В ЖИЛОЙ АРХИТЕКТУРЕ.....	384
Т.С. Лисина, О.Л. Банцѳрова БИОНИКА В УСТОЙЧИВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕДИЦИНСКИХ ОБЪЕКТОВ: ОТ ЭКОЛОГИИ К ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ	391
К.И. Салихова, Н.В. Бакаева ФОРМИРОВАНИЕ ПРИРОДНО-РЕКРЕАЦИОННОГО КАРКАСА НА ОСНОВЕ ДОЛИН МАЛЫХ РЕК (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ИЖЕВСК)	398
Адли Кямалѳ Вагифовна, Б.Л. Валкин АРХИТЕКТУРА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ ОКЕАНАРИУМА	407

А.В. Лебедева, Л.В. Анисимова ИСТОРИКО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФРАГМЕНТА ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ Г.КАЗАНЬ. РЕВИТАЛИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ- ФАБРИКА АЛАФУЗОВА	416
Е.С. Шафрай К ВОПРОСУ О РОЛИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АРХИТЕКТУРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОВ	423
Г.М. Мохаммад, Л.В. Анисимова ЭВОЛЮЦИЯ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ МУЗЕЯ ОТ ПРОСТРАНСТВА- ХРАНИЛИЩА К ПРОСТРАНСТВУ-ЗРЕЛИЩ	430
Ю. Баддур УСТОЙЧИВАЯ АРХИТЕКТУРА СОВРЕМЕННОСТИ	436
Ю. Сайед, М. Нассур УСТОЙЧИВЫЙ ТУРИЗМ, ОСНОВАННЫЙ НА ЕМКОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОМ СЛЕДЕ, (НА ПРИМЕРЕ СИРИЙСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ)	442
О.А. Малкина, И.В. Кузнецов ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗМЕЩЕНИЯ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРА НА ТЕРРИТОРИИ ТОЛЬЯТТИ В КОНТЕКСТЕ СИСТЕМЫ РАССЕЛЕНИЯ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ	449
И.П. Иванов, И.В. Кузнецов ПОДХОДЫ ПО УСТОЙЧИВОМУ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОМУ РАЗВИТИЮ ТЕРРИТОРИЙ ВДОЛЬ ОБЪЕКТОВ ИНЖЕНЕРНО-ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ (МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ)	454
Х.Х. Сулейман, Ю.В. Анисимов АРХЕТИП ЖИЛИЩА АЛЕППО КАК ИНФОРМАЦИОННЫЙ КОД РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ ЖИЛОЙ СРЕДЫ ГОРОДА.	459
Лина Алибрахим, Н.В. Данилина ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СТРУКТУРЫ МОБИЛЬНОСТИ ПО УЛИЧНО- ДОРОЖНОЙ СЕТИ В ИСТОРИЧЕСКИХ ГОРОДАХ.	466
Али Салмо ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ СИРИЙСКОЙ АРАБСКОЙ РЕСПУБЛИКИ.....	471
Г.С. Шашель, Н.Ф. Метленков КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ ОБЪЕКТОВ МУЛЬТИКУЛЬТУРНОЙ СРЕДЫ	476
Махназ Барекат, Хади Ахмадлу ВОЗРЕЖДЕНИЕ МОДЕЛИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ДВОРА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ЭНЕРГИИ В ИРАНЕ	483
А.Р. Асадулин, Л.В. Анисимова МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЫСТРОВЗВОДИМОГО ЖИЛЬЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ ПРЕФАБРИКАЦИИ	490
А.Е. Орешина, А.И. Финогенов ВОЗМОЖНОСТИ РЕВИТАЛИЗАЦИИ ИСТОРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА БЫВШЕЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ФАБРИКИ «КРАСНЫЙ ПЕРЕКОП» В Г.ЯРОСЛАВЛЕ	495

Наджва Аль Хелу, Т.Р. Забалуева МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОКЗАЛОВ: КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ И ВЛИЯНИЕ	502
Е.Д. Коротаева, Т.В. Пронина МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ	507
Т.В. Пронина, Д.Г. Паламарчук ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ, АРХИТЕКТУРНО И КОНСТРУКТИВНО УСТОЙЧИВЫХ К УСЛОВИЯМ ПОТЕНЦИАЛЬНО ЗАТОПЛЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ .	514
Л.В. Анисимова, А. Акеел СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТОВ ДЕТСКИХ ДОМОВ СЕМЕЙНОГО ТИПА ДЛЯ УСЛОВИЙ СИРИИ	520
А.В. Кувшинов ¹ , Т.Р. Забалуева МЕТОДИКА АНАЛИЗА И ФОРМИРОВАНИЯ НАДЗЕМНОГО БОЛЬШЕПРОЛЕНОГО ЗДАНИЯ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ	527
Я. Мыратбердиев, М.Э. Аманов, А.Ш. Шохрадова ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ – СИМВОЛ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТУРКМЕНИСТАНА	534
Е.В. Щербина, Али Биалал Абдулкави Номан СИСТЕМА РАССЕЛЕНИЯ В ОСТРОВЕ СОКОТРА.....	539

Секция 4. Экологическая безопасность в строительстве и городском хозяйстве

Ю.А. Иванюшин, П.А. Шаршнева ЗЕЛЕННЫЕ КРЫШИ КАК ЭЛЕМЕНТ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ДОЖДЕВЫЕ СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ.....	546
М.А. Жаров, С.Е. Алексеев ОЧИСТКА СУЛЬФИД СОДЕРЖАЩИХ ВОД МЕТОДОМ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ	554
Е.В. Алексеев, О.В. Букина ОТВЕДЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ	559
Тег Зо Аунг, Д.В. Спицов, А.Г. Первов РАЗРАБОТКА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД.....	565
С.А. Габимова, С.В. Ильвицкая СТРАТЕГИИ ЭФФЕКТИВНОГО СОКРАЩЕНИЯ ОТХОДОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ	574
А.М. Павелкова, Д.В. Спицов ПУТИ СОКРАЩЕНИЯ СБРОСОВ В ГОРОДСКУЮ КАНАЛИЗАЦИЮ ОТ СТАНЦИЙ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ	582
Н.В. Хроменок, М.Ю. Слесарев УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ РИСКОМ НА ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ ЗДАНИЙ.....	587
Ч.М. Ньейн, В.А. Бродский РАЗРАБОТКА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИИ.....	592
А.А. Лезжев, С.Е. Алексеев ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД И ОБРАБОТКА ВТОРИЧНЫХ ОТХОДОВ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДОВ	597
А.Г. Сапаров, Г. Мырадова УЛУЧШЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ДРЕНАЖНЫХ ВОД ДЛЯ СБРОСА ИХ В КАРАКУМСКОЕ ОЗЕРО.....	604
И.М. Евграфова, В.В. Симонян ОБЗОР ИЗМЕНЕНИЙ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В 2023 ГОДУ	611

Секция 5. Безопасность зданий и сооружений

С.Р. Меликсетян УЧЕТ ЖЕСТКОСТИ СОПРЯЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ХРУПКОМ И ПЛАСТИЧНОМ ХАРАКТЕРЕ РАЗРУШЕНИЯ.....	616
В.В. Герман ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА РАЗРУШЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ОСОБОМ ПРЕДЕЛЬНОМ СОСТОЯНИИ	623
Т.А. Мацеевич, С.А. Данков К ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ КОРРОЗИОННО-ПОВРЕЖДЕННЫХ СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕПЕЙ МАРКОВА НА ПРИМЕРЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФЕРМ.....	630

Секция 6. Организационно-методические и общетехнические вопросы в строительстве

А.С. Карпушкин ПРОБЛЕМАТИКА ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ В ФОРМЕ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ В УСЛОВИЯХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ	636
Д.М. Мазурин, М.Е. Дементьева НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ДЕМОНТАЖНЫХ РАБОТ В РОССИИ НА ОСНОВЕ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ ИНИЦИАТИВЫ «ЭКОНОМИКА ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА»	648
М. Альшрайдех, И.А. Енговатов, А.А. Морозенко ОЦЕНКА РИСКОВ НА СТАДИЯХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА АЭС.....	655
Р.В. Мамаев СПЕЦИФИКА ОБЪЕКТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	660
А.Р. Никитин, С.А. Синенко О РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, ПОДГОТОВЛЕННОЙ С ПОМОЩЬЮ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ..	668
Я.В. Шестерикова ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОТРЕБНОСТИ В КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ МКД НА ПРИМЕРЕ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	675
П.П. Олейник, Р.Р. Казарян, В.Г. Кисель, Д.В. Бесчастнов КОМПЛЕКС НАРУЖНЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗИРОВАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОБЪЕКТЕ В ДЕВЕЛОПЕРСКОЙ КОМПАНИИ.....	680
А.Р. Кулаков, В.А. Акристиний ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ ЗАСТРОЙКУ И ИНЖЕНЕРНЫЕ КОММУНИКАЦИИ: ВАЖНЫЙ ИНСТРУМЕНТ НАУЧНО- ТЕХНИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ УНИКАЛЬНЫХ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	686
Ю.О. Кустикова, Е.В. Панкова РОЛЬ СТАНДАРТОВ ISO В ОБЕСПЕЧЕНИИ КАЧЕСТВА РЕМОНТНО- СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ	691
Е.А. Король, А.Г. Дудина СПЕЦИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	695
Е.Н. Дегаев, Е.А. Король РАСЧЕТ ОСВЕЩЕННОСТИ РАБОЧИХ МЕСТ	700
Т.А. Захарова РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ОБЪЕКТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ.....	704
Г.Г. Ялунин, И.А. Лаврентьев, С.И. Экба ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПНОСТИ РЕСУРСОВ	710

А.С. Мезенцев, О.З. Зекир-оглы, С.И Эмба АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОЕКТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАКАЗЧИКА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТА ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.....	713
С.В. Сластин, А.Н. Маринин СИСТЕМА МОНИТОРИНГА РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	719
Н.А. Солопова, В.В. Зюзина ТЕНДЕНЦИИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ.....	725
П.Р. Соболева, Е.С. Анускина О ПРИМЕНЕНИИ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ	731

Секция 7. Цифровые технологии в строительстве

А.Р. Булина BIM/ТИМ-ТЕХНОЛОГИИ КАК КОМПОНЕНТА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ	736
А.А. Гусарова АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	741
С.О. Артеменко, К.Ю. Лосев ОСОБЕННОСТИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ В ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	747
Н.А. Гаряев, А. Эль-Мавед ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ «УМНОГО ГОРОДА»	755
Е.В. Игнатова ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ДИПЛОМНЫХ РАБОТАХ СТУДЕНТОВ	759
С.И. Евтушенко, Р.В. Осташев СОРТИРОВКА КОЛЛИЗИЙ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВРЕМЕНИ ИНЖЕНЕРОВ	767
А.А. Смирнов, А.Н. Маринин АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ САПР ДЛЯ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕШЕХОДНОГО МОСТА	771
В.Н. Кабанов СИСТЕМА НОРМАТИВОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	776
Ж.В. Касымов ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ АНАЛИЗЕ ИЗОПОЛЕЙ АРМИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	781
А. Мааруф, П.П. Олейник МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВРЕЖДЕННЫХ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ BIM И DYNAMO	785
О.А. Васильева, А.А. Хохонов ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ НАГРЕВА НА ДИНАМИКУ РАЗРУШЕНИЯ ОБРАЗЦА	793
В.В. Гаряева, С.В. Парфенов ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКСПЕРТИЗЫ СМЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	797
И.А. Лаврентьев, Г.Г. Ялунин, С.И. Экба ПРИМЕНЕНИЕ ТИМ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	801

Е. Билонда Трегубова, С.А. Кормухин, С.И. Экба ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАПИТАЛЬНЫМ РЕМОНТОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МКД	805
Хуссейн А.М.С. Аль-Джубури, М.А. Фахратов, К.В. Полосина ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (ТИМ) В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ В РЕСПУБЛИКЕ ИРАК	809
О.Н. Кузина РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА	816
Г.А. Филиппов, О.А. Васильева ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ. ОДНОМЕРНЫЙ СЛУЧАЙ	821
Е.А. Талалай, А.Н. Маринин АНАЛИЗ СФЕР ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ РАСШИРЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ. ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ	825
С.В. Федосов, В.Н. Федосеев, В.А. Воронов ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ КАК ЧАСТЬ СОСТОЯНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА И ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	830
М.В. Середа, А.С. Бондарев ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ	837
Р.Б. Гуванджов, А.Ш. Шохрадова, Я. Мыратбердиев ИННОВАЦИОННЫЙ ГОРОД – АРКАДАГ	842
А.Д. Кужепикшева ВОЗМОЖНОСТИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ...	846
В.Ю. Жаркая КОРПОРАТИВНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ОРГАНИЗАЦИИ	851

Секция 8. Инженерные системы и средства механизации в строительстве и ЖКХ

О.Д. Самарин ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОГО ТЕПЛООВОГО ПОТОКА ОТ КЛИМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ИХ РЕГУЛИРОВАНИИ.....	858
Д.И. Шлычков СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИК ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ.....	862
А.А. Фролова, Г.А. Петров К ВОПРОСУ ОБ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЗАГЛУБЛЕННОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЯ ПО СП 50.13330.2012 «ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ».....	867
В.А. Орлов, А.В. Горелов, А.М. Валитова ПОЛИМЕРНЫЕ РУКАВА КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД БЕСТРАНШЕЙНОГО РЕМОНТА ТРУБОПРОВОДОВ	871
А.Г. Рымаров, Д.Г. Титков АСПЕКТЫ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И МИКРОКЛИМАТА В ЗДАНИЯХ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД ГОДА	877
Д.А. Едуков, В.А. Едуков, Д.А. Павлов АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЬДОАККУМУЛЯТОРА В СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА.....	881
Д.Ю. Густов КОМПЛЕКТОВАНИЕ ПАРКА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ СНОСА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	888
И.Ю. Пурусова ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ	893
Н.С. Шихов, Р.Р. Шарапов РОБОТ-ШТУКАТУР, КАК СРЕДСТВО МЕХАНИЗАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	898
М.В. Кожина, Д.А. Едуков, В.А. Едуков АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ СЕТИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ	905

Секция 9. Комплексная безопасность в гидротехническом, энергетическом и геотехническом строительстве

В.А. Федчиков, А.А. Морозенко ВЫБОР КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПРОЕКТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ТЭС	912
Е.О. Волкова ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	919
А.В. Трифанов, А.С. Тутыгин ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОСНОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА, ЗА СЧЕТ ЗАКРЕПЛЕНИЯ СЛАБЫХ ГРУНТОВ.....	926

Секция 10. Экономика и управление в сфере строительства и недвижимости

Н.С. Филатова АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ИНВЕСТИРОВАНИЯ НАУЧНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗОН В РЕГИОНАХ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТОМСКА И ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ.....	932
И.В. Смирнов ПРОБЛЕМАТИКА ВЫБОРА СТРАТЕГИИ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПОДРЯДА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ	936
Фарид Асайеш, А.Б. Семенов ИНТЕГРАЦИЯ ЦЕПОЧКИ ПОСТАВОК И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ХАБОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ.....	942
Р.Р. Козаков РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ОТНОШЕНИЙ УЧАСТНИКОВ КОМПЛЕКСНОГО ИНЖИНИРИНГА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	947
К.А. Шестерикова АНАЛИЗ УРОВНЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ СФЕРЫ	954
Д. Орымбаев, Л.В. Прыкина УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ И ФАКТОРЫ ЕЕ ФОРМИРУЮЩИЕ	960
Н.Г. Верстина, О.О. Донская КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ РОЛИ ЧАСТНОГО ПАРТНЕРА В ПРОЦЕССЕ СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КАМПУСОВ	968
Р.Р. Казарян, П.П. Олейник, Д.В. Бесчастнов, В.Г. Кисель СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОБИЛЬНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ	974
В.В. Глазкова, С.Ю. Король СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЛАНИРОВАНИЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА РЕГИОНАЛЬНЫМИ ОПЕРАТОРАМИ	980
Чжиминь Цзюй, Н.А. Солопова ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОРГАНИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ИСП.....	984
П.П. Олейник КЛЮЧЕВЫЕ ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОТЗВОДСТВА	992
Д.Ф. Мухаметзянов ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПРОБЛЕМ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	996
В.Л. Михайлова ИНВЕСТИЦИИ В НЕДВИЖИМОСТЬ КАК СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ КАПИТАЛА....	1002
Е.А. Баутин ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ ПОЛНОГО ЦИКЛА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	1006

И.А. Самохвалов ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РЫНКА НЕДВИЖИМОСТИ В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИЗИСА	1010
Каба Дженабу ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ ГВИНЕЯ В УСЛОВИЯХ СТРУКТУРНОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ ЭКОНОМИКИ.....	1014
А.А. Кирпиченков РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ В РАМКАХ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ РЕНОВАЦИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ.....	1029
К.Ф. Галеев, Е.Э. Бовсуновский ЦИФРОВИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ РФ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ: ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ВЫЗОВЫ.....	1036
Я.В. Сырцов, С.М. Бороздина СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АУТСОРСИНГА И КРАУДСОРСИНГА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	1042
И.С. Носков, С.М. Бороздина АКТУАЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ ОПОРНЫХ ЗОН РАЗВИТИЯ В КОНТЕКСТЕ ВОЗВЕДЕНИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ	1047
Шэнфэй Цзинь ВЛИЯНИЕ ПРЕИМУЩЕСТВ «ЗЕЛЁНОГО» СТРОИТЕЛЬСТВА НА РАЗВИТИЕ РЫНКА НЕДВИЖИМОСТИ.....	1052
В.С. Канхва, Р.В. Обухов ФОРМИРОВАНИЕ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ПРЕИМУЩЕСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	1057
А.А. Судакова ОБОСНОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ЭФФЕКТИВНОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА ОБЪЕКТОВ ГОСТИНИЧНО-ТУРИСТИЧЕСКОЙ НЕДВИЖИМОСТИ	1061
В.В. Полити, И.Ф. Мангушев ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ.....	1065

Секция 1. Теория сооружений. Строительные конструкции

КОНТАКТНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В СТАЛЬНЫХ КАРКАСАХ МНОГОЭТАЖНЫХ БЫСТРОВЗВОДИМЫХ ЗДАНИЙ

А.Р. Туснин¹, И.В. Мыльников², В.М.Туснина³

1,2,3 ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹tusninar@mgsu.ru

²miv_2499@mail.ru

³tusninavm@mgsu.ru

Аннотация

В условиях развития стального строительства актуальным видится создание номенклатуры типовых унифицированных изделий, узлов и деталей стальных каркасов, что позволит проектировщикам при меньших трудовых затратах создавать проекты современных быстровозводимых зданий, а строителям – быстро и качественно воплощать их в жизнь. В этом аспекте разработка конструктивных решений монтажных узлов стальных каркасов многоэтажных быстровозводимых зданий представляется важной задачей.

В настоящей статье предлагаются конструктивные решения соединений элементов конструкций в составе стальных каркасов многоэтажных быстровозводимых зданий. Рассматриваются узлы стыка колонн по высоте и сопряжения их с балками перекрытия. В приведенных конструктивных решениях усилия передаются непосредственным упором контактных поверхностей соединяемых элементов, что позволяет избежать выполнения монтажных сварных швов и большого количества болтовых соединений. Как следствие, при использовании таких типов соединений сокращаются сроки монтажа металлического каркаса и снижается стоимость строительства.

ВВЕДЕНИЕ

Еще в 1930-е годы профессор Н.С. Стрелецкий сформулировал основные принципы проектирования металлических конструкций:

1. минимальный расход стали;
2. снижение трудоемкости изготовления;
3. скоростной монтаж;
4. соответствие здания всем эксплуатационным требованиям.

Данные требования остаются актуальными и сегодня. В нашей стране стальные конструкции в основном применяются в промышленном строительстве, мостах и уникальных большепролётных и высотных зданиях. В многоэтажных зданиях массовой городской застройки стальные конструкции в нашей стране применяются недостаточно широко [1]. Следует отметить, что по данным Steel Construction Institute, в Великобритании на стальном каркасе строят до 70% многоэтажных зданий, в Швеции - около 65, в Норвегии – 48 [2]. В нашей стране по этой технологии возводят не больше 13,5%. В настоящее время ведётся большая работа по совершенствованию нормативной базы, конструктивных решений, методики расчёта и проектирования, что способствует постепенному росту, возводимых в России многоэтажных зданий со стальным каркасом. Недостаточная изученность работы стальных каркасов с быстровозводимыми узлами, отсутствие отработанных конструктивных решений и рекомендаций по расчёту и проектированию делает актуальной исследование работы быстровозводимых каркасов [3], [4], [5]. Итогом этой работы должны стать типовые конструктивные решения многоэтажных каркасов, обладающие большой надёжностью, универсальностью, обеспечивающими простой монтаж.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Быстровозводимый стальной каркас предполагает применение элементов максимальной заводской готовности, соединяемых на монтаже узлами, обеспечивающими передачу расчётных усилий, при максимальной простоте конструкции узла и скорости его устройства. Быстровозводимый узел предполагает исключение из процесса монтажа сверления отверстий, нарезки резьбы, сварки. С помощью быстровозводимых узлов элементы заводской готовности соединяются друг с другом по типу конструктора с минимальными операциями по выверке пространственного положения и фиксации элементов в узле.

Именно качество выполнения монтажных узлов определяет несущую способность каркаса. Монтажные узлы выполняются на строительной площадке, поэтому их конструкция должна быть максимально простой и не зависеть от района строительства и погодных условий. При этом устройство и выверку узлов каркаса на стадии монтажа могли бы выполнять рабочие обычной квалификации. В результате при заводском изготовлении конструктивных элементов с составными частями монтажных узлов сопряжений возможно возведение стальных каркасов в кратчайшие сроки и с гарантированным качеством [6].

Перспективной идеей развития области проектирования можно назвать контактные соединения элементов стального каркаса. Данный вид соединений больше характерен для деревянных конструкций (например, соединение на лобовой врубке). Стальные конструкции стандартно соединяются либо с помощью сварных швов, либо с применением дискретных связей (анкеров, болтов). Для сокращения операций по сборке и выверке на монтаже можно на заводе изготовить отправочные марки со всеми необходимыми соединительными деталями. На строительной площадке эти конструктивные элементы объединяются в каркас без использования большого количества технологических операций и нескольких этапов контроля.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ускорение скорости сборки конструкции достигается применением в стыках колонн и узлах крепления балок к колоннам передачи усилий за счёт работы контактируемых поверхностей соединяемых элементов на смятие.

Колонны многоэтажных зданий выполняются, как правило, из двутавров. Для зданий высотой до 5-10 этажей колонны могут выполняться из гнуто-сварных квадратных профилей [7]. В качестве примера рассмотрим связевой каркас пятиэтажного здания с мансардой [8]. Каркас состоит из колонн, балок и подкосов. Наличие подкосов обеспечивает геометрическую неизменяемость и жесткость каркаса при наличии жесткого диска перекрытия и шарнирном сопряжении элементов каркаса. Размер типовой ячейки в плане принят 6х6 м, высота этажа составляет 3 м.

Для такого здания колонны могут быть выполнены из квадратных труб сечением 200х8 мм (ГОСТ 32931-2015, класс стали С345). Стандартным решением для монтажного стыка колонн из квадратных труб служат фланцевые соединения, в которых фланцы привариваются к торцам колонн, строгаясь для исключения влияния сварочных деформаций на геометрию узла. Соединение элементов колонны осуществляется болтами. Кроме фланцевых узлов возможны узлы с боковыми накладками, которые привариваются к колоннам при монтаже каркаса. Фланцевый узел имеет более развитые размеры по сравнению с сечением колонны, что влияет на интерьер помещения, требует дополнительной отделки из-за выступающих элементов узла. Узел на накладках требует проведения сварочных работ на строительной площадке [9].

В связевом каркасе наличие связей существенно снижает изгибающие моменты в колоннах, поэтому в колоннах действуют преимущественно продольные сжимающие усилия. Монтажный стык в этом случае можно выполнить в виде контакта двух фрезерованных поверхностей перпендикулярных оси колонны. Рассмотрим 2 варианта таких соединений (рис. 1 и 2).

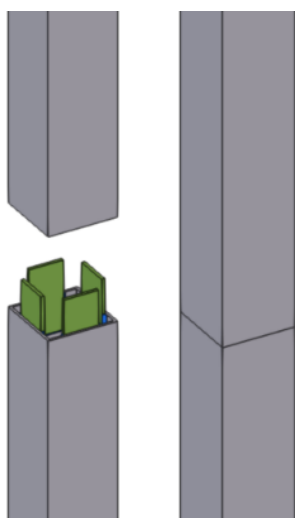


Рис. 1. Контактный стык колонн из квадратных труб сечением 200x8 мм (направляющие элементы – пластины, приваренные к внутренней поверхности нижней колонны)

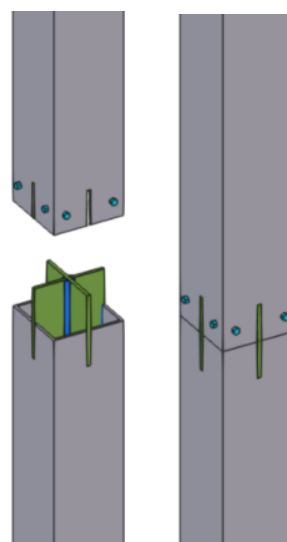


Рис. 2. Контактный стык колонн сечением из квадратных труб сечением 200x8 мм (направляющий элемент – крестовина из сваренных пластин, приваренная к внутренней поверхности нижней колонны)

Первый вариант стыка колонн осуществляется с помощью четырех монтажных направляющих пластин толщиной 5 мм, приваренных к внутренним граням нижней колонны квадратного сечения. Пластины имеют в верхней половине отгиб во внутреннюю часть колонны на 1-2 мм для упрощения монтажа верхней колонны.

Второй вариант стыка колонн выполнен с помощью вспомогательного сварного элемента, представляющего собой крестовину из трех листов стали толщиной 10 мм. Указанная деталь помещается в прямоугольные вырезы в стенках труб со стороны торцов. Для удобства монтажа крестовина приваривается угловыми швами к нижней колонне. Верхняя колонна устанавливается сверху и фиксируется болтами М12, которые устанавливаются в отверстия с резьбой и упираются в стенки крестовины, исключая смещение верхней колонны. При небольших изгибающих моментах фиксирующие болты не рассчитываются и ставятся конструктивно. Для облегчения монтажа прямоугольные вырезы в верхней колонне выполняются на 1-2 мм больше толщины пластин, образующих крестовину [10].

В обоих случаях продольное усилие N передается с верхней колонны на нижнюю через непосредственный контакт отфрезерованных торцевых поверхностей труб, за счет работы на смятие торцов стенок нижней и верхней частей колонны. Контактные узлы сохраняют работоспособность и при действии изгибающих моментов до того момента, пока напряжения от изгиба не превосходят напряжения от сжимающего продольного усилия. Если напряжения от изгибающих моментов превосходят напряжения от продольного усилия, то необходима доработка узлов и конструирование расчётных болтовых соединений.

Конструкция узлов не предполагает необходимость выверки положения верхней части колонны относительно нижней. Соосность колонн обеспечивается наличием направляющих элементов и фрезерованных поверхностей, перпендикулярных продольным осям нижней и верхней колонн. Из-за наличия зазоров между боковыми пластинами или краями вырезов и монтажной крестовиной возможно смещение верхней колонны относительно нижней. С учётом возможного смещения верхней колонны относительно нижней площадь контакта будет меньше площади сечения колонны. Это ведёт к несимметричному загрузению колонны, появлению местных изгибающих моментов, усложняющих передачу усилий в узле через контактирующие поверхности. При смещении

всего на 1 мм по осям X и Y площадь контакта в узле уменьшается от 57.6 см² (рис. 3, зелёная область) при идеальном полном контакте двух торцевых поверхностей труб до 34.9 см² (рис. 3, красная область). Таким образом, при относительно небольшом смещении профилей площадь контакта уменьшается на 39%, что заметно влияет на прочность стыка.

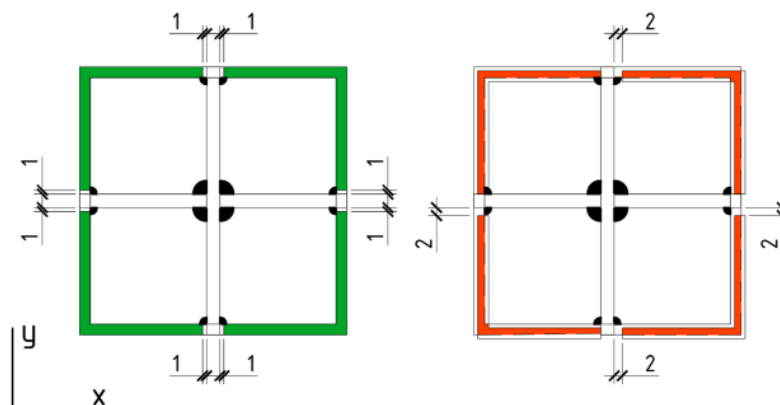


Рис. 3. Площади контакта нижней и верхней колонн:
а – при идеально ровной установке; б – при перекосе

В деревянных конструкциях и машиностроении используется разъемное соединение по системе «ласточкин хвост»: на охватывающей детали выполняется один или несколько пазов трапецевидной формы, а на охватываемой – шипы соответствующей формы и количества. Важная особенность такого соединения заключается в том, что узел формируется в пределах габаритов соединяемых элементов, без выступающих частей. В стальных каркасах подобное конструктивное решение позволяет сформировать монтажный узел балки с колонной, обеспечивающий быстрый монтаж балок и не требующий выверки положения балки после монтажа конструкции.

Рассмотрим крепление балки из двутавра 20Б1 (ГОСТ Р 57837-2017), к колонне из квадратной трубы сечением 200x8 мм (ГОСТ 32931-2015). Элементы выполнены из стали класса С345. В заводских условиях к колонне приваривается пластина толщиной 20 мм с вырезом под шип балки. К этой пластине приваривается пластина толщиной 10 мм с вырезом под стенку балки для формирования паза, в который будет установлена опорная часть балки. Для передачи нагрузки на торец балки приваривается опорное ребро толщиной 10 мм, которое является шипом. При монтаже балка устанавливается шипами в пазы на колоннах (рис 4). Монтажные зазоры могут регулироваться винтами юстировки и пластинами, устанавливаемыми в зазоры соединения после монтажа балки с помощью гидравлических домкратов. Разработанный узел обладает определённой жёсткостью на изгиб, что требует исследования влияния параметров узлового соединения на изгибную жёсткость узла и влияния этой жёсткости на работу балки, колонны и каркаса в целом [10].

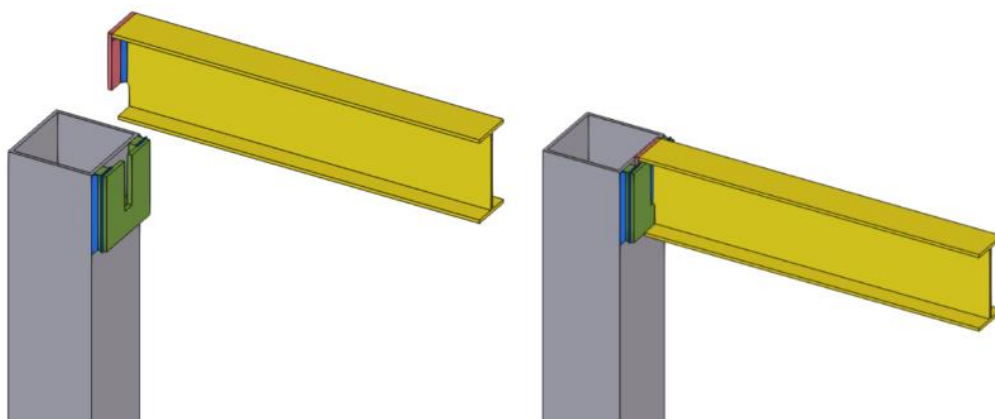


Рис. 4. Соединение стальной колонны и балки по системе «ласточкин хвост»

Кроме полужёсткого узла разработана конструкция быстро собираемого шарнирного соединения балки с колонной с использованием отрезка круглой трубы сечением 30x8 мм (ГОСТ 8734-75, класс стали С345), который приваривается в нижней части торцевой пластины балки. В этом случае к колонне приваривается «карман» в виде гнутой пластины толщиной 10 мм с опорным ребром и боковыми пластинами, формирующими паз. При монтаже балка с опорным ребром с отрезком круглой трубы устанавливается в карман (рис. 5). При этом криволинейные поверхности трубы и гнутой пластины находятся в контакте, а балка за счет сформированной чаши «кармана» закреплена от линейных перемещений. Поворот балки в опорном сечении возможен за счет перекатывания участка трубы по внутренней криволинейной поверхности гнутой пластины, формирующей «карман». К недостаткам этой конструкции следует отнести больший эксцентриситет приложения опорной реакции относительно наружной грани колонны, что усложняет условия крепления опорных элементов узла к колонне [11].

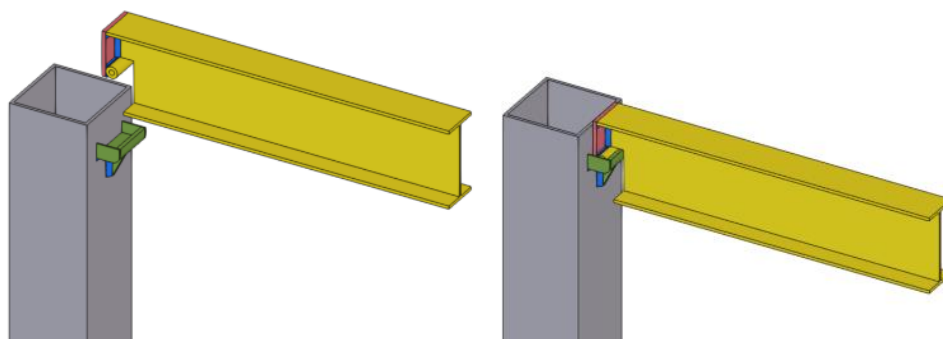


Рис. 5. Соединение стальной колонны и балки с помощью отрезка круглой трубы и гнутой пластины, формирующей «карман»

ВЫВОДЫ

Предложенные варианты узлов стыка колонн и примыкания балки к колонне являются нетиповыми и ранее не используемыми в инженерной практике. Для широкого применения таких узлов в практике проектирования стальных каркасов многоэтажных зданий необходимо всесторонне исследовать их несущую способность и деформативность. В этом смысле интерес представляет изучение влияния геометрических параметров соединительных элементов на жесткость узлов и на напряженно-деформированное состояние каркаса в целом. Настоящие исследования будут проводиться с использованием программно-вычислительных комплексов и вероятностных методов расчета строительных конструкций, а также эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование металлических конструкций / под ред. А. Р. Туснина. М., 2020. 436 с.
2. Heinisuo M., Laasonen M., Ronni H. Integration of joint design of steel structures using product model //

- Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering ICCBE. Nottingham. UK. 30 June – 2 July 2010. Pp. 323-328.
3. *Туснина В.М., Коляго А.А.* К вопросу действительной работы податливых узлов стальных каркасов многоэтажных зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 2. С. 28-34.
 4. *M. Bandyopadhyay, A. K. Banik, T. K. Datta.* Numerical Modeling of Compound Element for Static Inelastic Analysis of Steel Frames with Semi-Rigid Connections // Advances in Structural Engineering, 2015, Vol.3. Pp. 543-558.
 5. *Туснина О.А., Данилов А.И.* Жесткость рамных узлов сопряжения ригеля с колонной коробчатого сечения // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 4. С. 40-51.
 6. *Degertekin, S. O. and Hayalioglu M. S.* Design of Non-liner Semi-Rigid Steel Frames with Semi-Rigid Column Bases // Electronic Journal of Structural Engineering, 2004, Vol. 4. Pp. 1-16.
 7. *Туснин, А. Р.* Стальной каркас малоэтажного здания // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 11. С. 18-22.
 8. *Туснин А. Р., Вараксин П. А.* Типовой стальной каркас пятиэтажного здания // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 10. С. 45-49.
 9. *Кузнецов И.Л., Салахутдинов М.А., Гимранов Л.Р.* Новые конструктивные решения стальных каркасов легких многопролетных зданий // Известия КГАСУ. 2011. № 1(15). С. 88-92.
 10. *Туснина, О. А.* Конструктивные решения узлов стального каркаса для малоэтажных жилых зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 11. С. 23-27.
 11. *Ананьин М. Ю., Фомин Н. И.* Метод учета податливости в узлах металлических конструкций зданий // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2010. №. 2. С. 69-71.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МЕСТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ОТ КАТКОВ КРАНОВ В ПОДКРАНОВО-ПОДСТРОПИЛЬНОЙ ФЕРМЕ

Ю.Д. Маркина

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (ННГАСУ)», 603000, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65, poluektoff@bk.ru

Аннотация

Под подкраново-подстропильными фермами понимают конструкции, совмещающие в себе функции подкрановых систем, т.е. систем, поддерживающих крановые пути и обеспечивающих возможность перемещения по ним мостовых кранов, и функции подстропильных систем, поддерживающих стропильные фермы и конструкции покрытия. Местные напряжения могут возникать от трех факторов: локального воздействия крановых (или других подобных) нагрузок, эксцентриситеты в передаче кранового давления на стенку стержня, местных подкреплений типа диафрагм и ребер жесткости. Практически эти напряжения свойственны лишь ездовым поясам подкраново-подстропильных ферм. В статье приведен алгоритм аналитического вычисления основных и местных напряжений от катков кранов.

ВВЕДЕНИЕ

Подкраново-подстропильные фермы (ППФ) используются в цехах черной металлургии, на заводах корабле- и судостроения и в других большепролетных зданиях с поперечным расположением кранов в уровне покрытия. Тяжелые условия работы предприятий и большая грузоподъемность кранов обуславливают значительные размеры ППФ, особенно их ездовых поясов прямоугольного замкнутого сечения, ширина которых составляет 2–3 м.

Стержневая модель ППФ представляет собой плоскую систему. При этом ППФ воспринимает большие нагрузки, действующие из плоскости, следовательно, все же является пространственной конструкцией. Узлы соединения решетки с нижним поясом обладают в плоскости системы большей изгибной жесткостью, чем сами элементы решетки [1]. Поэтому, в отличие от классической фермы, все стержни ППФ испытывают изгиб в ее плоскости. При максимальном нагружении пролета ППФ наблюдается образование пластических деформаций именно в присоединяемых элементах (в стойке и раскосах), а не в самом узле [2-4]. Таким образом, крепление системы решетки к ездовому поясу нельзя считать шарнирным. Элементы решетки вовлекаются и в пространственную работу ездового пояса, испытывая изгиб из плоскости и кручение, оказывая поддерживающее влияние для ездового пояса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основные (элементарные) напряжения вычисляются в элементах ППФ в общем случае (произвольное поперечное сечение, не имеющее осей симметрии) по формулам [5]:

– от растяжения-сжатия:

$$\sigma_x = \frac{N}{A}; \quad (1)$$

– от изгиба в плоскости xOy

$$\sigma_x = \frac{M_z(I_{y_0}y_0 - I_{y_0z_0}z_0)}{\Delta I};$$
$$\tau_{xs} = \frac{-Q_y(I_{y_0}S_{z_0} - I_{y_0z_0}S_{y_0})}{\delta_s \Delta I}; \quad (2)$$

– от изгиба в плоскости xOz

$$\sigma_x = \frac{M_y(I_{z_0}z_0 - I_{y_0z_0}y_0)}{\Delta I};$$

$$\tau_{xs} = \frac{-Q_z(I_{z_0}S_{y_0} - I_{y_0z_0}S_{z_0})}{\delta_s \Delta I}; \quad (3)$$

где S_{y_0} и S_{z_0} определяются по [6]. Для сечений, обладающих соответствующими осями симметрии формулы (2) и (3) переходят соответственно в формулы Л.Новье и Д.И.Журавского;

- от кручения в стержне замкнутого контура возникают:
- нормальные секториальные напряжения

$$\sigma_{x\omega} = \frac{B_\omega \omega}{I_\omega}; \quad (4)$$

- касательные напряжения чистого кручения (в замкнутой части контура)

$$\tau_{ks} = \frac{\mp M_x}{8bh\delta_s}; \quad (5)$$

где верхний знак относится к верхнему поясу и левой стенке, нижний - нижнему поясу и правой стенке;

- секториальные касательные напряжения (во всех точках контура)

$$\tau_{\omega s} = \frac{-M_\omega \bar{S}_\omega}{I_\omega \delta_s}; \quad (6)$$

где \bar{S}_ω определяется по [6].

Для стержней открытого профиля напряжения (5) исключаются, а формулы (4) и (6) сохраняют силу [7].

Алгоритм расчёта местных напряжений от катков крана приведен в [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При расчете стенки замкнутый профиль трансформируется в двутавр (рис. 1б), в котором стенка сохраняет свои размеры, а площади эквивалентных поясов определяются по (7).

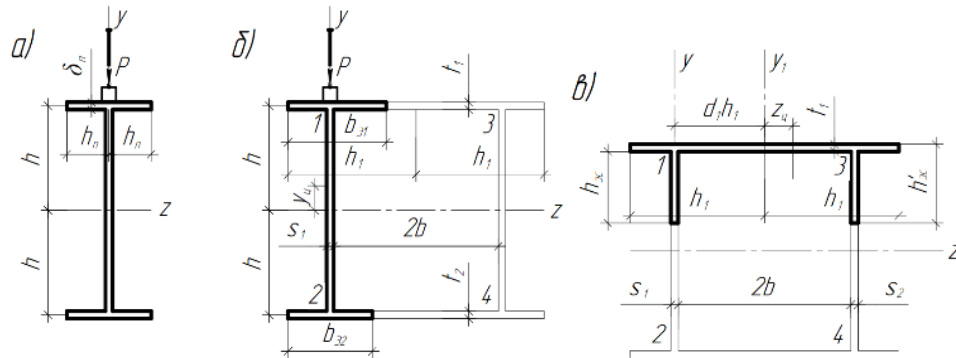


Рис. 1. К определению эквивалентных сечений элементов замкнутого профиля

$$A_{\text{Э1}} = \frac{1 - 3k}{3(1 - k)} \cdot \frac{B_1(x)}{1 - 2B_1(x)} A_j; \quad (7)$$

$$A_{\text{Э2}} = \frac{1 - 3k}{3(1 + k)} \cdot \frac{B_2(x)}{1 - 2B_1(x)} A_j;$$

где

$$B_1(x) = q_1(x)h[K_j(x)]^{-1};$$

$$B_2(x) = q_2(x)h[K_j(x)]^{-1};$$

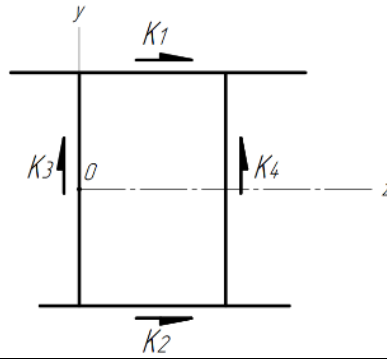
$$k = \frac{B_1(x) - B_2(x)}{3[1 - B_1(x) - B_2(x)]}; \quad (8)$$

где $q_1(x)$ и $q_2(x)$ – потоки касательных усилий на верхней и нижней кромках левой стенки в данном поперечном сечении. В общем случае эти потоки определяются так (i – номер узла профиля):

$$q_i(x) = (\tau_{xi} + \tau_{ki} + \tau_{\omega i})\delta_{si}; \quad (9)$$

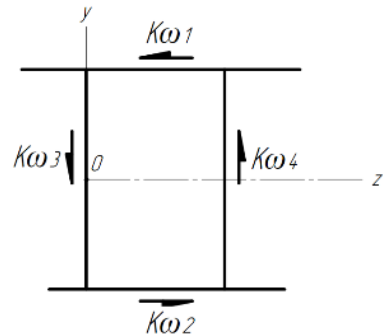
$K_j(x)$ – равнодействующая касательных напряжений в стенке в данном поперечном сечении.

причем $l_j = h$, а значения R_{kj} подсчитываются по формулам, приведенным на рис. 2 и 3.



Левая стенка	$R_{y3} = 2s_1k_zh^2y_3$ $R_{z3} = -2(1+k_y)t_2h^2[(1-d_2)h_2+z_2] - 2s_1h^3\left(\frac{1}{3}+k_y\right)$
Правая стенка	$R_{y4} = -2s_1k_zh^2(h+y_3) + 2s_2h^2(2b-k_zh) - 4t_2h_2h(k_zh-d_2h_2)$ $R_{z4} = -2(1+k_y)t_2h^2[(1+d_2)h_2-z_2] - 2s_2h^3\left(\frac{1}{3}+k_y\right)$
Верхний пояс	$R_{y1} = -2t_1h_1\left[(k_zh-d_1h_1)(2b-d_1h_1) + \frac{1}{3}h_1^2\right] - 2s_1k_zhb(h-y_3)$ $R_{z1} = 2(1-k_y)t_1h_1h(2b-d_1h_1) - 2(1+k_y)t_2bh[(1-d_2)h_2+z_2] - 4s_1k_yh^2b$
Нижний пояс	$R_{y2} = -2t_2h_2\left[(k_zh-d_2h_2)(2b-d_2h_2) + \frac{1}{3}h_2^2\right] - 2s_1k_zhb(h+y_3)$ $R_{z2} = 2(1+k_y)t_2h\{d_2h_2^2 - b[(1+d_2)h_2 - z_2]\}$

Рис. 2. Формулы для вычисления R_{yj} и R_{zj}



Левая стенка	$R_{\omega3} = -\frac{A_3}{2}\left[(\omega_1+\omega_2)y_{s3} - \frac{1}{2h}(\omega_1-\omega_2)\left(\frac{h^2}{3}-y_{s3}^2\right)\right]$
Правая стенка	$R_{\omega4} = -\frac{A_3}{2}\left[(\omega_1+\omega_2)(h-y_{s3}) + \frac{1}{2h}(\omega_1-\omega_2)(h^2-y_{s3}^2)\right] - \frac{A_4h}{3}(2\omega_3+\omega_4)$ $- A_1h\left[\omega_1 - \frac{d_1h_1}{2b}(\omega_1-\omega_3)\right]$
Верхний пояс	$R_{\omega1} = s_1b\left[(\omega_1+\omega_2)(h-y_{s3}) + \frac{1}{2h}(\omega_1-\omega_2)(h^2-y_{s3}^2)\right]$ $+ A_1\left\{(2b-d_1h_1)\omega_1 - (\omega_1-\omega_3)\left[d_1h_1 - \frac{h_1^2}{6b}(1+3d_1^2)\right]\right\}$
Нижний пояс	$R_{\omega2} = s_1b\left[(\omega_1+\omega_2)(h+y_{s3}) - \frac{1}{2h}(\omega_1-\omega_2)(h^2-y_{s3}^2)\right]$ $+ A_2\left\{(2b-d_2h_2)\omega_2 - (\omega_2-\omega_4)\left[d_2h_2 - \frac{h_2^2}{6b}(1+3d_2^2)\right]\right\}$

Рис. 3. Формулы для вычисления $R_{\omega j}$

При учете кручения в некоторых случаях площади эквивалентных поясов, подсчитанные по (7) могут оказаться отрицательными. Это говорит о том, что эпюра касательных напряжений в стенке не выпуклая, а вогнутая. В таком случае все дальнейшие

вычисления следует производить с сохранением при $A_{эi}$ тех знаков, которые получены по (7).

Для эквивалентного сечения положение центра тяжести и значение центрального момента инерции определяются формулами:

$$y_{ц} = kh ;$$

$$I_{зц} = h^2 \left[A_j \left(\frac{1}{3} + k^2 \right) + A_{э1}(1-k)^2 + A_{э2}(1+k)^2 \right] . \quad (10)$$

Статические моменты эквивалентных поясов относительно центральной оси

$$S_{э1} = A_{э1}(1-k)h ;$$

$$S_{э2} = A_{э2}(1+k)h . \quad (11)$$

При расчете полок ездового пояса определяются эквивалентные сечения стенок (рис.

1в).

$$A_{э3} = \frac{1+3k}{3(d_j+k)} \cdot \frac{B_3(x)}{1-2B_3(x)} A_j ;$$

$$A_{э4} = \frac{1+3k}{3(2\xi-d_j-k)} \cdot \frac{B_4(x)}{1-2B_4(x)} A_j ; \quad (12)$$

где

$$B_3(x) = q_i(x)h_j [K_j(x)]^{-1} ;$$

$$B_4(x) = q_{i+2}(x)h_j [K_j(x)]^{-1} ;$$

$$k = \frac{B_4(x) - B_3(x)}{3[1 - B_3(x) - B_4(x)]} ; \quad (13)$$

$$\xi = \frac{b}{h_j} . \quad (14)$$

где $q_i(x)$ и $q_{i+2}(x)$ – потоки касательных усилий на верхних и нижних кромках стенок, определяемые по (9),

$$K_j(x) = \frac{-Q_z(I_{z_0}R_{yj} - I_{y_0z_0}R_{zj})}{\Delta I} \mp \frac{2bM_x}{8bh} - \frac{M_\omega(R_{\omega j} \pm 2A_\omega l_j)}{I_\omega} ; \quad (15)$$

равнодействующие касательных напряжений в рассматриваемой полке.

Для этого случая положение центра тяжести эквивалентного сечения и значение центрального момента инерции определяются формулами:

$$y_{ц} = kh_j ;$$

$$I_{зц} = h_j^2 \left[A_j \left(\frac{1}{3} + k^2 \right) + A_{э3}(d_j+k)^2 + A_{э4}(2\xi-d_j-k)^2 \right] . \quad (16)$$

Статические моменты эквивалентных стенок относительно центральной оси:

$$S_{э3} = A_{э3}(d_j+k)h_j ;$$

$$S_{э4} = A_{э4}(2\xi-d_j-k)h_j . \quad (17)$$

Между потоками $q_i(x)$ касательных усилий на кромках стенок по (9) и равнодействующими по (10) справедливо соотношение

$$q_i(x) = \frac{K_j(x)S_{эк}}{I_{зц}} ; \quad (18)$$

После трансформации стержня замкнутого профиля в эквивалентный двутавр задача определения местных напряжений в стенке от локальной нагрузки (например, давления колеса крана) сводится к схеме, показанной на рис. 1а. При этом вблизи от загрузочной силы $P_э(x=0)$ эпюра $K(x)$ по (10) имеет вид, показанный на рис. 4.

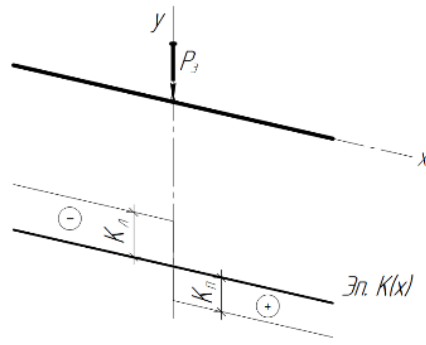


Рис. 4. Эпюра $K(x)$ вблизи от нагрузочной силы P_3

Отделяя стенку от эквивалентных поясов, их влияние следует заменить системой усилий взаимодействия $p(x)$ и $q(x)$ (рис. 5).

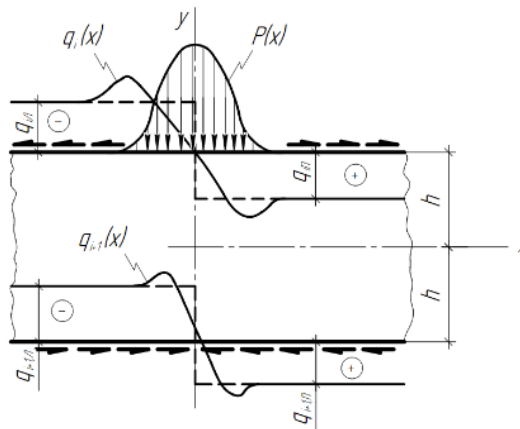


Рис. 5. Общая схема силовых воздействий на стенку

$$p(x) = 2,6\psi \frac{P_3}{\lambda_0} \sum_{k=1,3,5} a_k \cos \frac{k\pi x}{\lambda_0} ; \quad (19)$$

где

$$\lambda_{0j} = 2,6\lambda_j = 8,476 \sqrt[3]{\frac{I'_{nj}}{s_1}} ; \quad (20)$$

$$P_3 = K_n(0) + K_l(0) ;$$

ψ – коэффициент, учитывающий влияние ребер жесткости при их шаге $a_p < \lambda_0$ (при $a_p > \lambda_0 \psi = 1$):

$$\psi = \left[0,95 \left(1 + 23 \frac{I'_n}{a_p^3 s_1} \right) \right]^{-1} ; \quad (21)$$

$$a_1 = \frac{11}{16} ;$$

$$a_3 = \frac{13}{64} ;$$

$$a_5 = \frac{7}{96} ;$$

$$a_7 = \frac{7}{192} ;$$

$$I'_{nj} = I_p + \frac{A_{эj} s_j^2}{12} ; \quad (22)$$

где $i = 1, 3; i + 1 = 2, 4;$

$$\Delta q_{i0} = 0,5(q_{in} - q_{in}) ; \quad (23)$$

$$k_1 = \frac{\pi \chi_1}{0,142} ;$$

$$k_2 = \frac{\pi \chi_2}{0,04} ;$$

$$\chi_j = \frac{\lambda_{oj}}{2h} ; \quad (24)$$

Местные напряжения в стенке возникают:

- 1) от усилий взаимодействия $p(x)$;
- 2) от усилий взаимодействия, определяемых первыми членами (20) – элементарных касательных усилий на кромках;
- 3) от «всплеска» касательных усилий взаимодействия, определяемых вторыми членами (20).

Местные напряжения от давления $p(x)$ определяются выражениями

$$\begin{aligned} \sigma'_{xp} &= \frac{\alpha_p P_3}{s_1 h} ; \\ \sigma'_{yp} &= \frac{\beta_p P_3}{s_1 h} ; \\ \tau'_{xyp} &= \frac{\gamma_p P_3}{s_1 h} ; \end{aligned} \quad (25)$$

где $\alpha_p, \beta_p, \gamma_p$ – функции влияния (безразмерные напряжения), табулированные в [9] в зависимости от относительных координат ζ и μ точек стенки и параметра χ

$$\begin{aligned} \zeta &= \frac{x}{h} ; \\ \mu &= \frac{y}{h} ; \\ \chi &= \frac{\lambda_o}{2h} ; \end{aligned} \quad (26)$$

Местные напряжения от касательных усилий взаимодействия определяются так: эпюры $q_i(x)$ на кромках стенки в общем случае раскладываются на три составляющие: кососимметричную элементарную, симметричную элементарную и «всплеск» (рис. 6).

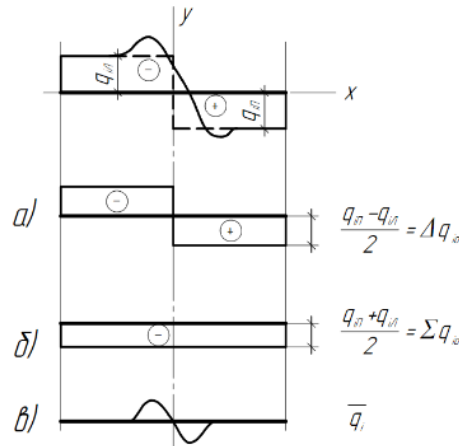


Рис. 6. К определению местных напряжений от касательных усилий

От потоков Δq_i на верхней и Δq_{i+1} на нижней кромках стенки местные напряжения вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned} \sigma'_{xq} &= \frac{\alpha_q c_q P_3}{s_1 h} ; \\ \sigma'_{yq} &= \frac{\beta_q c_q P_3}{s_1 h} ; \\ \tau'_{xyq} &= \frac{\gamma_q c_q P_3}{s_1 h} ; \end{aligned} \quad (27)$$

где

$$\begin{aligned} \alpha_q(\mu) &= \alpha_q^*(\mu) - k_q \alpha_q^*(-\mu) ; \\ \beta_q(\mu) &= \beta_q^*(\mu) - k_q \beta_q^*(-\mu) ; \\ \gamma_q(\mu) &= \gamma_q^*(\mu) - k_q \gamma_q^*(-\mu) ; \end{aligned} \quad (28)$$

причем

$$c_q = \frac{\Delta q_{i0} h}{P_3} ;$$

$$k_q = \frac{\Delta q_{i+1,0}}{\Delta q_{i0}} = \frac{S_{\Sigma 2}}{S_{\Sigma 1}} ; \quad (29)$$

а $\alpha_q^*, \beta_q^*, \gamma_q^*$ – табулированные в прил. 1 функции влияния.

От потоков $\sum q_i$ и $\sum q_{i+1}$ суммарные касательные напряжения в стенке

$$\tau'_{xyq} = \frac{K_j(x)[S_{\Sigma 1} + 0,5s_1(h^2 - y^2)]}{s_1 I_{zy}} . \quad (30)$$

От «всплеска» \bar{q}_i и \bar{q}_{i+1} усилий взаимодействия на верхней и нижней кромках местные напряжения определяются выражениями

$$\begin{aligned} \sigma'_{xq} &= \frac{\Delta \alpha_q P_3}{s_1 h} ; \\ \sigma'_{yq} &= \frac{\Delta \beta_q P_3}{s_1 h} ; \\ \tau'_{xyq} &= \frac{\Delta \gamma_q P_3}{s_1 h} ; \end{aligned} \quad (31)$$

где

$$\begin{aligned} \Delta \alpha(\mu) &= \alpha^*(\mu) - k_q \Delta \alpha^*(-\mu) ; \\ \Delta \beta(\mu) &= \beta^*(\mu) - k_q \Delta \beta^*(-\mu) ; \\ \Delta \gamma(\mu) &= \gamma^*(\mu) + k_q \Delta \gamma^*(-\mu) ; \end{aligned} \quad (32)$$

$\alpha^*, \beta^*, \gamma^*$ – функции влияния, табулированные в [9].

Полные значения местных напряжений от касательных усилий (20) получаются суммированием (27), (30) и (31).

Местные напряжения в полках ездовых поясов следует учитывать лишь от касательных усилий взаимодействия, возникающих в местах их соединения со стенками. На рис. 7 показана схема этих усилий (20) в частной системе координат $x_j z_j$. Здесь $j = 1, 2$ – номера поясов, $i = 1, 2$ – номера узлов пересечения стенки с поясами. От показанной загрузке возникают местные напряжения, складывающиеся из двух компонентов:

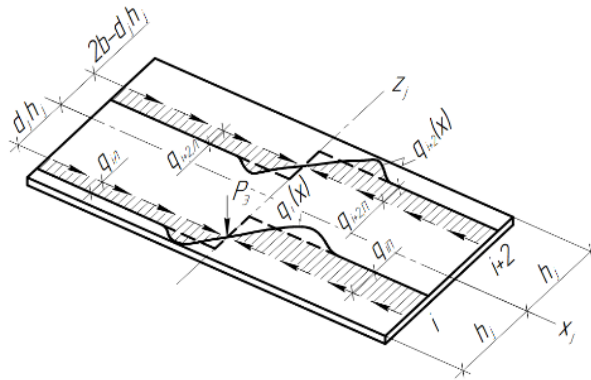


Рис. 7. Схема касательных усилий взаимодействия в полках ездовых поясов, возникающих в местах их соединения со стенками

– вызванные скачком касательных усилий и определяемые по формулам

$$\begin{aligned} \sigma'_{xq} &= \frac{[\alpha_q^*(\varepsilon_i) + k_q \alpha_q^*(\varepsilon_{i+2})] \Delta q_{i0}}{\delta_j} ; \\ \sigma'_{yq} &= \frac{[\beta_q^*(\varepsilon_i) + k_q \beta_q^*(\varepsilon_{i+2})] \Delta q_{i0}}{\delta_j} ; \\ \tau'_{xzy} &= \frac{[\gamma_q^*(\varepsilon_i) + k_q \gamma_q^*(\varepsilon_{i+2})] \Delta q_{i0}}{\delta_j} ; \end{aligned} \quad (33)$$

где

$$\begin{aligned} k_q &= \frac{\Delta q_{i+2,0}}{\Delta q_{i0}} ; \\ \Delta q_{i0} &= \mp 0,5(q_{in} - q_{il}) ; \\ \varepsilon_i &= d_j ; \end{aligned} \quad (34)$$

$$\varepsilon_{i+2} = \frac{2b}{h_j} - d_j ; \quad (35)$$

$\alpha_q^*, \beta_q^*, \gamma_q^*$ – функции влияния, табулированные в [9]. Верхний знак в (34) относится к верхнему, нижний – к нижнему поясу;

– вызванные «всплеском» касательных усилий и определяемые по формулам

$$\begin{aligned} \sigma'_{xq} &= \frac{\Delta\alpha_{\Pi}\Delta q_{io}}{\delta_j} ; \\ \sigma'_{yq} &= \frac{\Delta\beta_{\Pi}\Delta q_{io}}{\delta_j} ; \\ \tau'_{xzzq} &= \frac{\Delta\gamma_{\Pi}\Delta q_{io}}{\delta_j} ; \end{aligned} \quad (36)$$

где $\Delta\alpha_{\Pi}, \Delta\beta_{\Pi}, \Delta\gamma_{\Pi}$ – функции влияния, табулированные в [9].

Сумма (33) и (36) дает местные напряжения в полках ездовых поясов при загрузке последних сосредоточенными силами, приложенными в плоскостях стенок без эксцентриситетов.

ВЫВОДЫ

В зданиях тяжелого режима работы учитывается возможное смещение оси рельса относительно срединной плоскости соответствующей стенки – эксцентриситет. При этом использование формулы местного крутящего момента по [5] справедлива лишь для двутавровых балок.

В статье приведен алгоритм аналитического определения основных и местных напряжений от катков кранов в ППФ. Для расчета местных напряжений в стенках и полках ППФ от давления катка мостового крана (или другой сосредоточенной нагрузки) ездовой пояс – стержень замкнутого поперечного сечения – трансформируется в эквивалентный двутавр, имеющий в общем случае одну ось симметрии. Трансформация производится так, чтобы изучаемый элемент (стенка, полка) сечения работал в эквивалентном стержне точно так же, как он работает в составе данного стержня замкнутого профиля.

Алгоритм расчет местного крутящего момента для подкрановых поясов ППФ (стержней коробчатого сечения) приведен в [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ельников Н.А., Кочетова Е.А. Анализ применения систем типа «подкраново-подстропильные фермы» в большепролетных цехах одноэтажных промышленных зданий // Труды научного конгресса 14-го российского архитектурно-строительного форума. 2016. С. 143–146.
2. Ерёмин К.И., Шульга С.Н. Напряженно-деформированное состояние узлов подкраново-подстропильных ферм // Промышленное и гражданское строительство. 2012. №4. С. 52-54.
3. Ерёмин К.И., Шульга С.Н. Моделирование развития усталостных повреждений в подкраново-подстропильных фермах // Вестник МГСУ. 2014. №5 С. 30-38.
4. Ерёмин К.И. Предотвращение разрушений строительных металлических конструкций. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2004. 235 с.
5. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. Москва: Минстрой России, 2016. 126 с.
6. Лампси Б.Б. Оценка влияния особенностей конструкции и нагрузки на напряженное состояние и прочность ездовых поясов систем типа подкраново-подстропильных ферм: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01, 01.02.03/ Лампси Борис Борисович. Горький: Горьковский ордена трудового красного знамени инженерно-строительный институт им. В.П. Чкалова 1983. 220 с.
7. Лампси Б.Б. Расчет подкраново-подстропильных ферм. Горький, 1978. 52 с.
8. Лампси Б.Б., Маркина Ю.Д. Подкраново-подстропильные фермы. Особенности конструкции, работы и расчёта // Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. 169 с.
9. Лампси, Б.Б. Металлические тонкостенные несущие конструкции при локальных нарузках. М.: Стройиздат, 1979. 270 с.

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

А.Г. Тамразян

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы, связанные с мониторингом состояния конструкций и инфраструктурных систем. Обсуждается методология оценки жизненного цикла на основе построения диаграммы устойчивости структурной системы. Представлена концепция, используемая в принципах мониторинга, связанная с реакцией системы, и таких характеристик как масса, жесткость и демпфирование. Деградационные эффекты старения в течение срока службы конструкции приводят к постепенному снижению функциональности конструкции. Скорость этого снижения зависит от структурной устойчивости построенной системы. Выдвигается гипотеза о том, что научно обоснованные методы мониторинга и оценки могут быть разработаны для получения объективных и достоверных данных не только об устойчивости, но и о жизненном цикле конструкций. Показано, что в контексте данного исследования структурная устойчивость представляется как мера скорости деградации, в то время как устойчивость конструкции - это мера устойчивости к повреждениям.

ВВЕДЕНИЕ

Гражданская инфраструктура стареет и разрушается вследствие деградации материалов, перегрузок и эксплуатационных факторов, а также неадекватных схем технического обслуживания и контроля. Ухудшение состояния инфраструктуры является общемировой проблемой, особенно там, где значительная часть гражданской инфраструктуры приближается или уже прошла свой первоначальный проектный срок службы.

Необходимость модернизации стареющей и разрушающейся гражданской инфраструктуры при ограниченном бюджете ставит серьезную задачу, целью которых является поиск альтернативных вариантов обслуживания и проверки, минимизирующих экономические и социальные затраты при максимальном увеличении срока службы таких систем.

Один из подходов заключается в том, чтобы предложить научно обоснованные методы мониторинга и оценки состояния инфраструктуры.

Современные методы контроля в значительной степени опираются на экспертную оценку с помощью визуальных измерений [1]. Инфраструктурные системы, такие как здания, сооружения оцениваются на основе качественных рекомендаций, сопоставленных с нормальным, работоспособным состоянием системы [2,3]. В настоящее время, однако, эффективного способа сравнения текущего конструктивного состояния системы с работоспособным нет. Часто из-за того, что несколько инспекторов проводят оценку в течение всего срока службы сооружения, не удается установить единую базовую линию состояния на протяжении всего срока службы.

Субъективный характер этих рекомендаций может дать совершенно разные результаты при выполнении их разными инженерами. Кроме того, очевидно отсутствие корреляции между внешним видом и надежностью конструкции с точки зрения безопасности [4].

Мониторинг состояния конструкций (МСК) является одним из видов систем мониторинга, используемых для диагностики повреждений конструкций [5,6,7]. Если эти средства мониторинга интегрированы в конструкцию во время строительства, то они позволяют в реальном времени собирать данные измерений на месте о работе инфраструктуры в течение всего срока службы и сократить затраты на обслуживание за

счет обнаружения повреждений конструкции до того, как они станут разрушительными [8,9].

МСК также предоставляет количественные показатели характеристик, которые при правильном использовании позволяют сравнивать текущее и работоспособное состояние для определения степени деградации и повреждения и, кроме того, может применяться для прогнозирования срока службы структурных систем. Этот инструмент может быть использован для измерения неуклонного снижения функциональности конструкции или состояния, в результате деградирующего воздействия возраста и условий окружающей среды, а также для определения степени тяжести повреждений, возникающих после таких катастрофических событий, как землетрясение, взрыв, аварийные ударные воздействия.

Мониторинг состояния конструкций - это процесс наблюдения за конструкцией во времени с помощью периодических измерений с целью сравнения измеренных данных с априорными данными о состоянии конструкции, системы и обнаружения повреждений [10].

В данном контексте под повреждением понимаются изменения, внесенные в систему, которые негативно влияют на ее функциональность как в настоящее время, так и в будущем.

К общим типам повреждений относятся, например, изменения геометрии, свойств материала или условий опирания, например, изменение граничных условий или уменьшение модуля упругости в результате растрескивания или коррозии [11,12]. Возможность обнаружения повреждений и назначать соответствующие схемы восстановления побуждает руководителей систем использовать МСК. Затраты на техническое обслуживание и ремонт снижаются благодаря использованию этого долгосрочного метода.

При этом повышается уровень безопасности. Обнаружение повреждений на ранних стадиях уменьшает необходимость в резервировании, сокращает время простоя систем из-за разрушительных повреждений и предупреждает должностных лиц о том, что эксплуатация систем небезопасна.

МЕТОДОЛОГИЯ И МОДЕЛЬ

Основной концепцией, используемой в принципах МСК, является зависимость реакций системы, или характеристик, конструкции от присущих ей физических свойств и таких характеристик как масса, жесткость и демпфирование. По мере возникновения и накопления повреждений эти характеристики изменяются, что проявляется в изменении измеренных откликов системы.

Обнаружение повреждений возможно путем сравнения двух состояний системы с помощью контролируемого обучения, когда доступны данные как для поврежденной, так и для неповрежденной системы [5,11].

Для долговременного МСК характеристики периодически извлекаются и обновляются для количественной оценки способности конструктивной системы продолжать выполнять свои функции, несмотря на неизбежное старение и накопление повреждений в результате эксплуатации и воздействия окружающей среды.

Методы МСК для количественной оценки повреждений особенно полезны в гражданском строительстве, где повреждения могут возникать в местах, недоступных при обычном техническом обслуживании и осмотре [13]. В частности, в бетоне могут возникать внутренние трещины и коррозия арматуры, которые могут оставаться незамеченными при существующих схемах контроля.

МСК позволяет обнаружить внутренние дефекты и даже предсказать, сколько еще может безопасно эксплуатироваться конструкция.

Это выгодно для управляющих инфраструктурой, поскольку это позволяет модернизировать поврежденные системы еще до появления внешних признаков разрушения, что является необходимым условием для разработки новых и устойчивых систем технического обслуживания и контроля. Несколько систем по мониторингу,

использующих физические характеристики, такие как деформация, перемещение или ускорение, были успешно реализованы [14,15,16]. Однако ни одна из них не распространила методы мониторинга на систему управления инфраструктурой для разработки научно обоснованных показателей, позволяющих количественно оценить состояние, устойчивость и отказоустойчивость системы на протяжении всего срока ее службы.

На основе принципов, рассмотренных выше, выдвигается гипотеза о том, что научно обоснованные методы мониторинга и оценки могут быть разработаны для получения объективных и достоверных данных не только об устойчивости, но и о жизненном цикле конструкций.

Такие инструменты могут помочь в разработке наиболее экономически эффективных и долгосрочных решений управления инфраструктурой и сократить воздействие эксплуатации инфраструктуры на окружающую среду, на затраты на энергию и материалы. В данном исследовании предлагается построить диаграмму структурного анализа жизненного цикла (АЖЦ). Представленные здесь методики и результаты исследования направлены на создание основы для разработки таких характеристик путем модификации существующих концепций АЖЦ для обеспечения целостного и количественного подхода к оценке состояния конструкций на основе структурного анализа жизненного цикла.

На рис.1 показан концептуальный вид предлагаемого АЖЦ. Построенную систему можно считать на 100% структурно работоспособной в день окончания строительства.

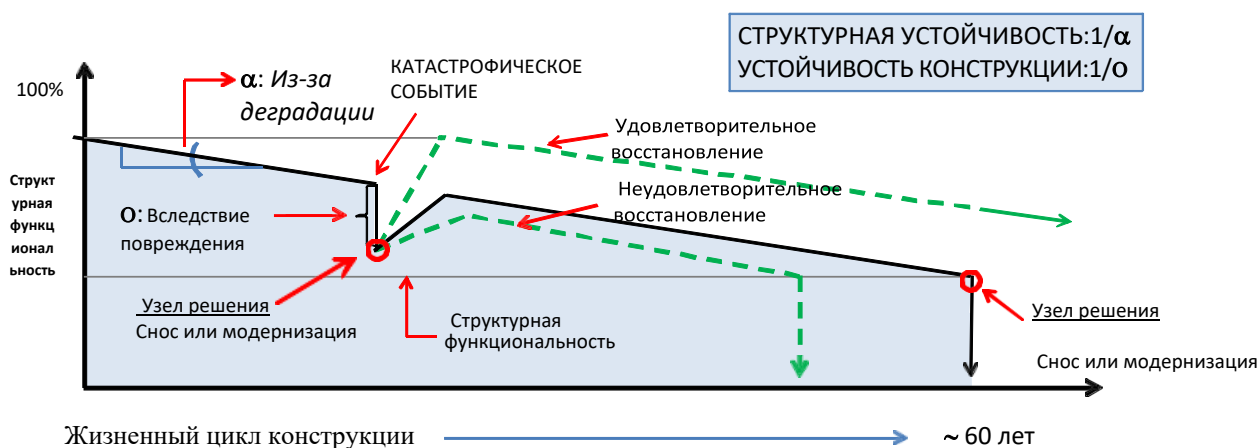


Рис.1. Диаграмма жизненного цикла устойчивости структурной системы

Деградационные эффекты старения в течение срока службы конструкции приводят к постепенному снижению функциональности конструкции. Скорость этого снижения зависит от структурной устойчивости построенной системы (1/α на рис.1). Во время катастрофических событий построенная система испытывает структурные повреждения, последствия которых проявляются на диаграмме жизненного цикла в виде мгновенного падения кривой структурной функциональности. Уровень, на котором происходит это снижение, зависит от структурной устойчивости построенной системы.

Следует отметить, что в контексте данного исследования структурная устойчивость - это мера скорости деградации, в то время как устойчивость конструкции - это мера устойчивости к повреждениям.

Для заданных условий окружающей среды и эксплуатации устойчивая и жизнеспособная инфраструктура будет максимизировать площадь под кривой на рис. 1.

В МСК деградация и повреждение конструкции определяются как изменения, которые негативно влияют на будущие эксплуатационные характеристики построенной системы [13].

Поэтому в определениях структурной деградации и повреждений являются сравнения с "эталонной" системой, которая часто представляет собой систему в ее исходном,

неповрежденном состоянии. Мы можем считать день завершения строительства 100%-ной структурной функциональностью, что является точкой отсчета для нового строительства.

Однако для существующего сооружения точка отсчета функциональности конструкции должна быть определена в соответствии с текущим состоянием конструкции.

В нашей формулировке МСК будет отслеживать отклонения реакции конструкции от этих реперных точек. Деграция конструкции и накопление повреждений приводят к изменению материальных и/или геометрических свойств конструкции.

В течение всего срока службы созданной системы жесткость, масса или рассеиваемая энергия конструкции будут изменяться, что, в свою очередь, приведет к изменению реакции системы.

Этот метод позволяет предупредить управляющих инфраструктурой о том, что функциональность падает ниже определенного уровня или скорость деграции становится слишком высокой.

С помощью индексов состояния числовое значение для выбранной характеристики или характеристик может быть преобразовано в процентное соотношение функциональности структуры.

Для этого желательно использовать математически удобные признаки, которые не скрываются под большими погрешностями измерений или погрешности обработки. Например, функция, требующая двойного интегрирования, не является предпочтительной поскольку значительные численные ошибки могут распространиться на расчеты двойного интегрирования и, возможно, привести к ложному срабатыванию, идентификации поврежденной системы на действительно неповрежденную, или к ложному отрицательному результату, что является более серьезной ошибкой, когда действительно поврежденная система идентифицируется как неповрежденная.

Характеристика должна сохранять свою актуальность в течение всего срока службы системы (т.е. признаки, которые становятся недействительными в случае развития нелинейности из-за трещин бесполезны для долгосрочного мониторинга состояния железобетонной конструкции).

Наконец, характеристика должна обеспечивать рациональное преобразование в глобальное состояние или состояние неповрежденности [17]. Успешная реализация МСК может быть обеспечена за счет использования качеств рассмотренных выше признаков.

ВЫВОДЫ

Новизна данного исследования подтверждается тем, что в нем устойчивость и отказоустойчивость представлены в виде количественно измеримых характеристик, в которых конструкции могут сравниваться и реализовываться соответствующим образом.

Данное исследование наглядно подтверждает, что графики оценки жизненного цикла конструкций (ЖЦК) являются одним из возможных методов количественной оценки состояния и устойчивости инфраструктурной системы на протяжении всего ее жизненного цикла путем внедрения практики мониторинга состояния конструкций (МСК) и оценки жизненного цикла (ЖЦ).

Будущие исследования должны улучшить и расширить представленные здесь концепции, а также изучить надежность характеристик, используемых при построении диаграмм ЖЦК в отношении влияющих факторов, которые могут вызывать ложную диагностику.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тамразян А.Г. Методология анализа и оценки надежности состояния и прогнозирование срока службы железобетонных конструкций. Железобетонные конструкции. 2023. Т. 1. № 1. С. 5-18.
2. Schmalz, T.C., and Stiemer, S.F. (1995), "Consideration of Design Life of Structures," *Journal of Performance of Constructed Facilities*, Vol.9, No. 3, pp.206–219.
3. Applied Technology Council (1995), "ATC-20 Set Procedures for Post earthquake Safety Evaluation of Buildings."
4. Тамразян А.Г., Филимонова Е.А. О влиянии снижения жесткости железобетонных плит перекрытий на несущую способность при длительном действии нагрузки. Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 7. С. 30-32.
5. Farrar, C.R., and Worden, K. (2007), "An Introduction to Structural Health Monitoring," *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, Vol. 365, pp. 303-315.
6. Тамразян А.Г., Мацеевич Т.А. Анализ надежности железобетонной плиты с корродированной арматурой. Строительство и реконструкция. 2022. № 1 (99). С. 89-98.
7. Тамразян А.Г. К задачам мониторинга риска зданий и сооружений. Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2013. № 3 (170). С. 19-21.
8. Enright, M. P., and Frangopol, D. M. (2000). "Reliability based lifetime maintenance of aging highway bridges." Proc., SPIE's 6th Int. Symposium on NDE and Health Monitoring and Diagnostics. Nondestructive Evaluation of Highways, Utilities and Pipelines, A. E. Aktan and S. R. Gosselin, eds., International Society for Optical Engineering, Bellingham, Wash., Vol. 3995, 4–13.
9. Тамразян А.Г., Аветисян Л.А. Экспериментальные исследования внецентренно сжатых железобетонных элементов при кратковременных динамических нагружениях в условиях огневых воздействий. Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 4. С. 24-28.
10. Doebling, S.W., Farrar, C.R., Prime, M.B., and Shevitz, D.W. (1996), "Damage Identification and Health Monitoring of Structural and Mechanical Systems from Changes in their Vibration Characteristics: A Literature Review," Los Alamos National Laboratory report LA-13070-MS.
11. Worden, K., Farrar, C.R., Manson, G., and Park, G. (2007), "The Fundamental Axioms of Structural Health Monitoring," *Proceedings of the Royal Society*, Vol. 463, pp. 1639-1664.
12. Sohn, H., Farrar, C.R., Hemez, F.M., Shunk, D.D., Stinemates, D.W., and Nadler, B.R. (2004), "A Review of Structural Health Monitoring Literature from 1996-2001," Los Alamos National Laboratory report LA-13976-MS.
13. Тамразян А.Г. Особенности работы высотных зданий. Жилищное строительство. 2004. №3. С.19-20.
14. Jeary, A.P., Chui, G.C., and Wong, J.C.K. (2001), "Wholistic Structural Appraisal," *Proceedings from the 8th International Conference and Structural Safety and Reliability: ICOSSAR 200*.
15. Asmussen, J.C. (1997), *Modal Analysis Based on the Random Decrement Technique – Application to Civil Engineering Structures*, Department of Building Technology and Structural Engineering, University of Aalborg, Denmark.
16. Brownjohn, J.M. (2007), "Structural Health Monitoring of Civil Infrastructure," *Philosophical Transactions of the Royal Society*, Vol. 365, pp. 589-622.
17. Catbas, F.N. and Aktan, A.E. (2002), "Condition and Damage Assessment: Issues and Some Promising Indices," *Journal of Structural Engineering*, Vol. 128, No. 8, pp.1026-1036.

ВАКУУМНЫЙ АНКЕР ДЛЯ СЪЕМНИКОВ ЭНЕРГИИ МОРСКИХ ВОЛН

В.В. Миронов¹, Ю.А. Иванюшин², Д.А. Суглобов³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», 625000, Уральский федеральный округ, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38,

¹ vvmironov@list.ru

² ivanjushinja@tyuiu.ru

³ suglovda@gmail.com

Аннотация

Вакуумные анкеры предназначены для фиксации различных конструкций с морским дном в условиях сильных волн и течений. В сравнении с традиционными фундаментами на морском дне вакуумные анкеры обладает рядом преимуществ: быстрая установка и демонтаж, отсутствие необходимости в использовании большого количества материалов и сложной тяжелой техники для установки анкеров, что позволяет снизить затраты на строительство и эксплуатацию. Возможность быстрого демонтажа вакуумных анкеров отвечает требованиям экологической безопасности. В статье рассмотрен способ применения вакуумных анкеров для фиксации с дном акватории съемников энергии морских волн. Произведен расчет, доказывающий возможность использования вакуумных анкеров как средств крепления различных конструкций с морским дном.

Ключевые слова: вакуумный анкер, вакуумная свая, вакуумный кессон.

ВВЕДЕНИЕ

Вакуумные анкеры – это техническое решение, которое было разработано для удержания различных конструкций на морском дне в условиях сильных морских волн и течений. Они позволяют достичь высокой надежности и эффективности фиксации различных сооружений с морским дном. Вакуумные анкеры представляют собой пустотелые цилиндры с заостренными кромками на нижнем конце и заглушенные сверху. Для установки анкеров на морском дне к верхнему концу цилиндра подводится всасывающий трубопровод насоса, откачивающего воду из сваи. Свая опускается в донный грунт под собственным весом и под действием силы, вызванной образованием вакуума в теле сваи при откачке из нее воды [1, 6, 7]. Вакуумные анкеры обладают достаточно большой удерживающей способностью на горизонтальные и вертикальные нагрузки. Вакуумные анкеры обладают быстротой установки на морском дне и легкостью демонтажа конструкции, обеспечивая экологическую безопасность. Вакуумные анкеры могут использоваться для различных целей, включая установку нефтяных и газовых платформ, установку в акватории моря ветрогенераторов, плавучих домов и других конструкций [4, 5].

Использование всасывающих кессонов (вакуумных анкеров) является достаточно широко распространенной практикой во всем мире, в большинстве случаев, на буровых нефтегазовых добывающих платформах в глубоководных районах. В литературе оценивалась выдергивающая способность свайных фундаментов, основываясь на полномасштабных полевых экспериментах, а также масштабные эксперименты проводились для анализа выдергивающих нагрузок на сваях фиксированного размера, установленных в мягком влажном илистом или мелком глинистом песке. Данные эксперименты показали эффективность использования вакуумных анкеров для глубоководных добывающих нефтегазовых платформ [2, 3].

Они имеют ряд преимуществ по сравнению с обычными морскими фундаментами, включая более быструю установку, легкость снятия при выводе из эксплуатации, возможность установки на большой глубине, где другие фундаменты могут быть неэффективными или невозможными. Вакуумный анкер во многих случаях легче

установить, чем сваи, которые необходимо забивать в землю с помощью сваебойного устройства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.

Для оценки возможности использования вакуумных анкеров в качестве донных фиксаторов съемников энергии морских волн обратноосмотических опреснительных установок, проводились следующие исследования. Для надежной фиксации съемников энергии морских волн с дном акватории должно выполняться условие (1):

$$F_{\text{выт}} \leq F_t \leq F_V, \quad (1)$$

где: $F_{\text{выт}}$ – выдергивающая сила, действующая на анкер;

F_t – сила трения наружной и внутренней стенки анкера с грунтом;

F_V – сила вдавливания анкера в грунт.

Сила вдавливания анкера в грунт за счет вакуума, создаваемого насосом при откачке из него воды, без учета веса самого анкера:

$$F_V = C \cdot (p_a + \rho \cdot g \cdot H - p) \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (2)$$

где: C – количество анкеров;

p_a – атмосферное давление, Па;

ρ – плотность воды, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

H – глубина акватории, м;

p – абсолютное давление в анкере при откачке воды, Па

D – диаметр анкера, м.

Сила трения наружной и внутренней стенки анкера находится по формуле (3):

$$F_t = \int_0^L C \cdot 2 \cdot k \cdot (p_a + \rho \cdot g \cdot H + \rho_1 \cdot g \cdot h) \cdot \pi \cdot D \cdot dh, \quad (3)$$

$$0 \leq h \leq L$$

где: k – коэффициент трения поверхности анкера об обводненный грунт;

ρ_1 – плотность обводненного грунта, кг/м³;

L – длина анкера, м.

Выталкивающая сила, действующая на плавучий съемник энергии морских волн, равная выдергивающей силе, действующей на анкер без учета веса съемника энергии, определяется по формуле (4):

$$F_{\text{выт}} = h_b \cdot \rho \cdot g \cdot D_1^2 \quad (4)$$

h_b – погружение съемника энергии морских волн (буя) под уровень акватории, м;

ρ – плотность воды, кг/м³;

D_1 – сторона квадратного буя-съемника энергии морских волн, м.

Полученные по формулам (1-4) расчеты позволяют оценить эффективность использования вакуумных анкеров в конструкциях съемников энергии морских волн.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исходные данные для гипотетического расчета:

- плотность морской воды $\rho=1020 \text{ кг/м}^3$;
- глубина акватории $H=5 \text{ м}$;
- Материал сваи – полиэтилен;
- длина сваи $L = 2 \text{ м}$;
- диаметр сваи $D^2=0,3 \text{ м}$;
- количество свай $C = 3$;
- коэффициент трения об илистый донный грунт $k=0,015$;
- абсолютное давление в анкере при откачке воды $p=0,1 \cdot 10^5 \text{ Па}$;
- плотность обводненного грунта $\rho_1=1200 \text{ кг/м}^3$;
- сторона квадратного буя-съёмника энергии морских волн $D_1=2,4 \text{ м}$;
- толщина буя $h_b=0,3 \text{ м}$.

Схема конструкции съёмника энергии морских волн с использованием вакуумного анкера в обратноосмотических установках для опреснения морской воды представлена на рисунке 1/

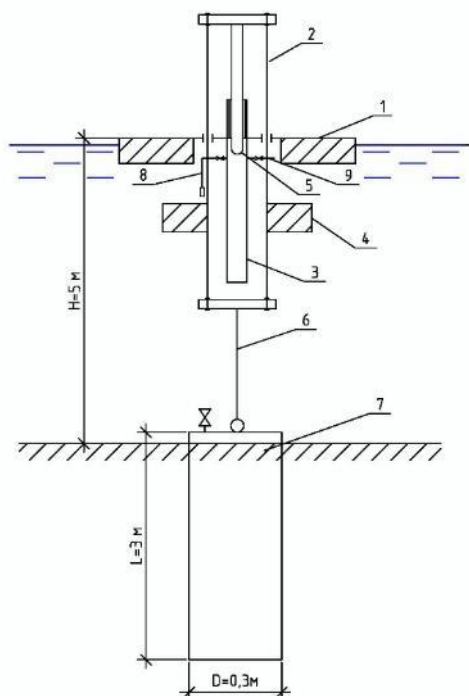


Рис. 1 – Схема конструкции съёмника энергии морских волн с вакуумным анкером: 1 – подвижный буй с положительной плавучестью; 2 – неподвижная вертикальная рама; 3 – корпус насоса высокого давления, жестко соединенный с подвижным бумом; 4 – неподвижный поплавок, жестко соединенный с рамой; 5 – плунжер насоса высокого давления, жестко соединенный с рамой; 6 – трос; 7 – донный анкер.

Сила вдавливания анкера в грунт, определенная по формуле (2):

$$F_V = C \cdot (p_a + \rho \cdot g \cdot H - p) \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 3 \cdot (10^5 + 1020 \cdot 9,81 \cdot 5 - 0,1 \cdot 10^5) \cdot \frac{\pi \cdot 0,3^2}{4} = 2,969 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Решая интеграл (3), получим силу трения стенок анкера о донный грунт:

$$F_t = \int_0^L C \cdot 2 \cdot k \cdot (p_a + \rho \cdot g \cdot H + \rho_1 \cdot g \cdot h) \cdot \pi \cdot D \cdot \Delta h =$$

$$= \int_0^2 3 \cdot 2 \cdot 0,015 \cdot (10^5 + 1020 \cdot 9,81 \cdot 5 + 0,1 \cdot 10^5 \cdot 9,81 \cdot 1) \cdot \pi \cdot 0,3 \cdot 2 = 2,745 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Выталкивающая сила буй, равная выдергивающей силе, действующей на анкер, определенная по формуле (4):

$$F_{\text{выт}} = h_b \cdot p \cdot g \cdot D_1^2 = 0,3 \cdot 1020 \cdot 9,81 \cdot 2,4^2 = 1,729 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Проверяем зависимость (1):

$$1,729 \cdot 10^4 < 2,745 \cdot 10^4 < 2,969 \cdot 10^4$$

Результаты гипотетического расчета показывают, что вакуумный анкер способен преодолеть силы трения, возникающие между стенкой трубы и илистым дном.

ВЫВОДЫ

Из результатов исследования можно сделать вывод, что использование вакуумных анкеров может быть эффективным средством крепления съемников энергии морских волн обратноосмотических опреснительных установок к морскому дну. Из представленного гипотетического расчета видно, что вдавливающая сила, создаваемая откачкой из полости анкера воды, превышает силу трения между стенкой трубы и илистым дном. При этом выталкивающая сила, действующая на буй, меньше, чем сила трения. Это означает, что свая надежно останется в морском грунте. И представленных расчетных зависимостей видно, что чем больше глубина акватории, тем выше удерживающая способность вакуумных анкеров. В целом, можно сказать, что данная технология имеет высокий потенциал для использования в морском гидротехническом строительстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левачев, С. Н., Халецкий, В. С. Анкерные и якорные устройства в гидротехническом строительстве [Текст] / С. Н. Левачев, В. С. Халецкий // Вестник МГСУ. — 2011. — № 5. — С. 58-66.
2. Begemann, H.K.S., The Maximum Pulling Force on a Single Tension Pile Calculated on the Basis of Results of the Adhesion Jacket Cone, Proc. 7th International Conference on SMFE, 1965.
3. Downs. D.L and Chieurzzi, R, Transmission Tower Foundations, Journal of Power Division, ASCE. Vol.92, No.2, 1966, pp. 91-114.
4. Shaju A., Joseph N. A Review on Offshore Wind Turbine Foundations [Text] / Shaju A., Joseph N. // International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). — 2022. — Volume 09. — P. 448-454.
5. Sahroni T.R Modeling and Simulation of Offshore Wind Power Platform for 5MW Baseline NREL Turbine [Electronic text] // The Scientific World Journal. — 2015 // URL: <https://doi.org/10.1155/2015/819384> (accessed: 17.11.2023)
6. Хасанов Р. Р., Султанмагомедов С. М., Гулин Д. А. Конструкция вакуумного анкера // Трубопроводный транспорт-2015. – 2015. – С. 267-269.
7. Гайлуны О. И., Салихов Б. И., Гулин Д. А. Принцип работы вакуумного анкера // Трубопроводный транспорт-2016. – 2016. – С. 226-227.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ДВУХВЕТВЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

М.О. Лобовский

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4,
lobovskiy.m@mail.ru*

Аннотация

При анализе действующих нормативных документов, направленных на проектирование стальных конструкций, были обнаружены некоторые нестыковки и упрощения в расчетах устойчивости составных стержней. Данные неточности приводят к тому, что при проверке конструкций их несущая способность получается значительно ниже той, что есть на самом деле. Также в нормах наблюдается несогласованность расчетов при проверке местной и общей устойчивости, это связано с тем, что при проверке общей устойчивости составного стержня может быть не обеспечена местная устойчивость ветви, поскольку усилия по условию общей устойчивости явно превышают предельные значения усилий, допускаемых при местной устойчивости ветви. Предлагаемый в статье уточненный метод расчета позволяет обнаружить скрытые резервы несущей способности элементов, а также выполнять проверку общей устойчивости составных стержней с выполнением требований по местной устойчивости ветви.

ВВЕДЕНИЕ

При анализе действующих нормативных документов, направленных на проектирование стальных конструкций (СП16.13330.2017 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*») были обнаружены противоречия в расчетах решетчатых элементов, а именно при проверке общей и местной устойчивости стержней. Согласно нормам, данные проверки выполняются отдельно друг от друга, это влечет за собой, что при проверке общей устойчивости составного стержня может быть не обеспечена местная устойчивость ветви, поскольку усилия по условию общей устойчивости явно превышают предельные значения усилий, допускаемых при местной устойчивости ветви.

Также было обнаружено, еще одно упрощение в действующих нормах проектирования при проверке устойчивости ветвей из плоскости решетки. В данном случае расчет выполняется на максимальное значение продольной силы, хотя при любом расчетном сочетании нагрузок, продольные силы, действующие на концах ветви решетчатого стержня, в большинстве случаев имеют различные значения. Поэтому расчет устойчивости ветви на максимальные значения продольной силы приводит к неоправданному увеличению сечения элемента, для избежания этого необходимо выполнять расчет при фактически действующей переменной продольной силе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На несогласованность расчетов при проверке общей и местной устойчивости обратил внимание В.В. Горев [1-3] и предложил свой метод расчета решетчатых конструкций по деформированной схеме (1). Этот способ не требует отдельной проверки общей и местной устойчивости составных стержней. Он основывается на разделении общего коэффициента потери устойчивости на коэффициент устойчивости ветви $\varphi_{y\theta}$ в плоскости, параллельной решетке, и коэффициент общей устойчивости φ_e^* , определяемый на основании скорректированной условной приведенной гибкости ($\bar{\lambda}_{ef} = \lambda_{ef} \sqrt{\varphi_{y\theta} R_y / E}$). Однако, по результатам выполненных расчетов было обнаружено, что такой способ проверки может занижать несущую способность элемента, что приведет к увеличению сечения.

$$\frac{N}{\varphi_e^* \varphi_{y\phi} AR_y \gamma_c} \leq 1, \quad (1)$$

Также решение задачи общей устойчивости с обеспечением устойчивости ветви было предложено Г.И. Белым [4-6]. Следуя данному решению, проверка общей устойчивости выполняется по традиционной формуле с заменой φ_e на $\varphi_{e,d}$ (2).

$$\frac{N}{\varphi_{e,d} AR_y \gamma_c} \leq 1, \quad (2)$$

$$\text{Где } \varphi_{e,d} = \frac{b}{2a} - \sqrt{\frac{b^2}{4a^2} - \frac{1}{a}}; \quad a = \frac{\bar{\lambda}_{ef}^2}{\pi^2 \varphi_{y\phi}} \left[1 - \left(m_y^o + m_{y\phi}^o \frac{\varphi_{y\phi} - 0,8}{0,2} \right) \cdot 0,2337 \right];$$

$b = \left[1 + \left(m_y^o + m_{y\phi}^o \frac{\varphi_{y\phi} - 0,8}{0,2} \right) \right] \varphi_{y\phi}^{-1} + \frac{\bar{\lambda}_{ef}^2}{\pi^2}; \quad m_{y\phi}^o = 0,008 + 0,03 \bar{\lambda}_{ef}$ - относительный эксцентриситет, компенсирующий физическую нелинейность, которая, согласно унифицированной диаграмме работе, стали проявляется от предела пропорциональности $\bar{\sigma}_{n,n} = \sigma_{n,n} / R_y = 0,8$ до предела текучести $\bar{\sigma}_m = 1,0$ (см. рис.1). При $\varphi_{y\phi} < 0,8$ принимается $m_{y\phi}^o = 0$.

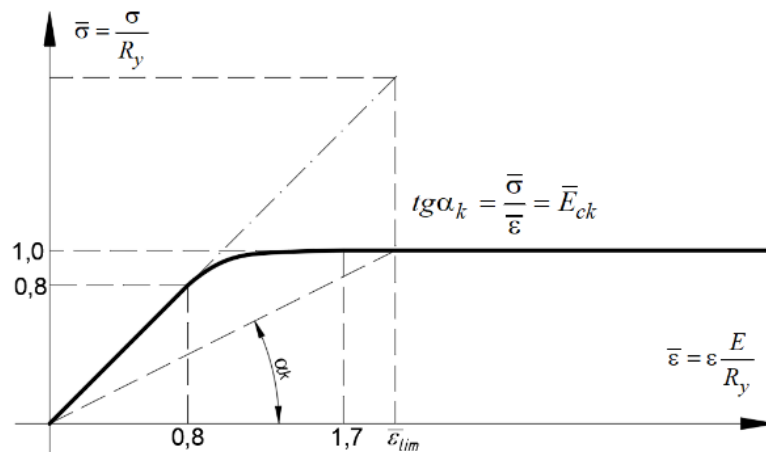


Рис. 1. Унифицированная диаграмма работы стали

Как уже было сказано ранее при любом расчетном сочетании нагрузок продольные усилия, возникающие на концах ветви решетчатой колонны практически всегда имеют различные значения, поэтому проверку устойчивости необходимо выполнять при фактическом нагружении с переменной продольной силой по длине элемента (см.рис.2).

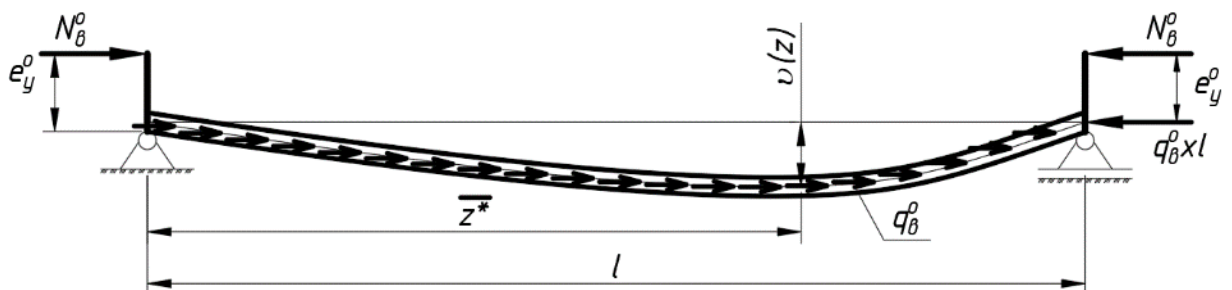


Рис 2. Расчетная модель ветви в плоскости перпендикулярной решетки

Г.И. Белым было предложено решение [7], при котором продольное усилие, возникающее в ветвях решетчатых элементов, при проверке устойчивости из плоскости решетки с учетом равномерно-распределённой продольной силой определяется по формуле (3).

$$N_{\epsilon}(z) = N_{\epsilon}^0 + q_{\epsilon}^0 z, \quad (3)$$

Данное решение деформационной задачи находится в виде комбинации частных решений, по результатам которых будет определен фактический коэффициент устойчивости ветви.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При анализе предлагаемого метода расчета устойчивости ветви из плоскости решетки можно сказать, что использование фактической схемы нагружения позволяет вскрыть весьма существенные резервы несущей способности.

На представленных графиках (рис. 3, 4) показаны зависимости отношения коэффициента устойчивости, определенного обратным методом $\varphi_{\epsilon}(1+n_q)$ к нормативному коэффициенту φ_{cn} от условной гибкости ветви $\bar{\lambda}_{x\epsilon}$, при коэффициентах равномерно-распределенной силы $n_{q1}=0,5$, $n_{q2}=1,0$ и различных значениях конечного относительного эксцентриситета ветви $m_{x,\epsilon}^0$. Точечными и сплошными линиями обозначено отношение устойчивости ветви, а штрихпунктирными – ее прочности, к устойчивости, определяемой по действующим нормативным документам.

Из графиков видно, что при малых и средних значениях условной гибкости $\bar{\lambda}_{x\epsilon}$ несущая способность в основном определяется прочностью. Устойчивость становится определяющей только при средних и больших гибкостях.

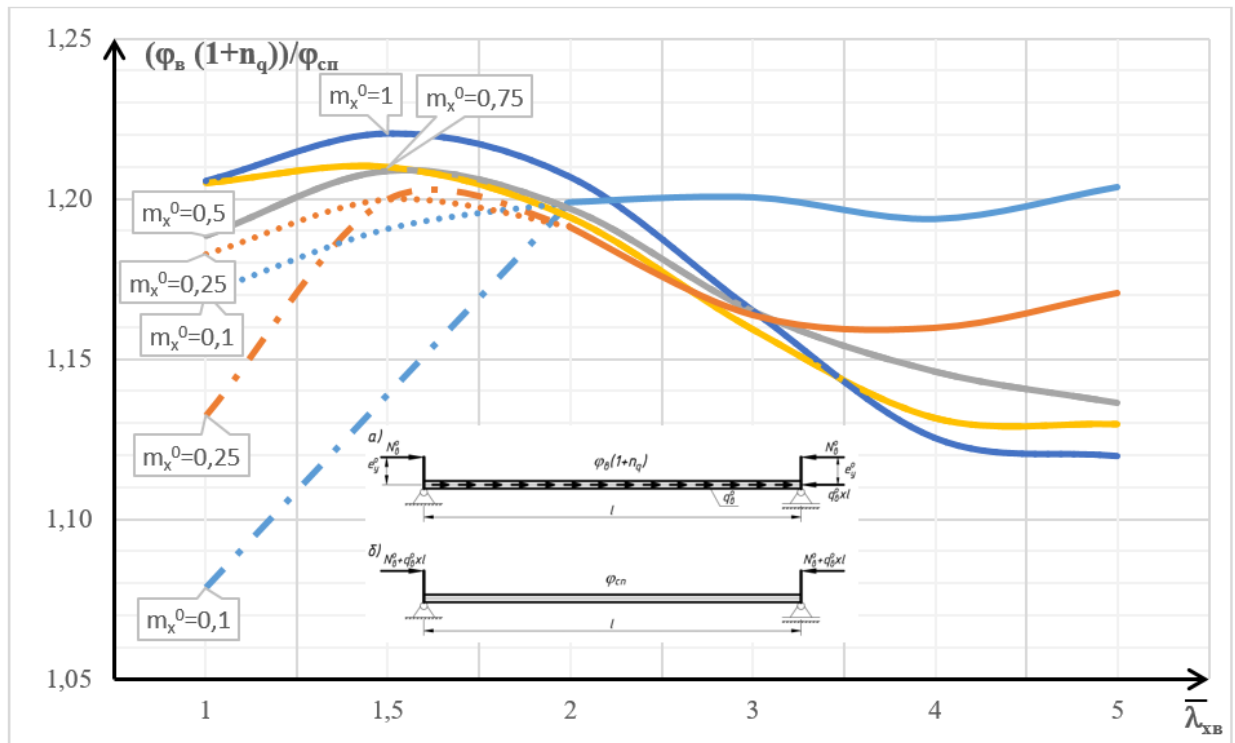


Рис.5. Графики при $n_q = q_{\epsilon}^0 l / N_{\epsilon}^0 = 0,5$

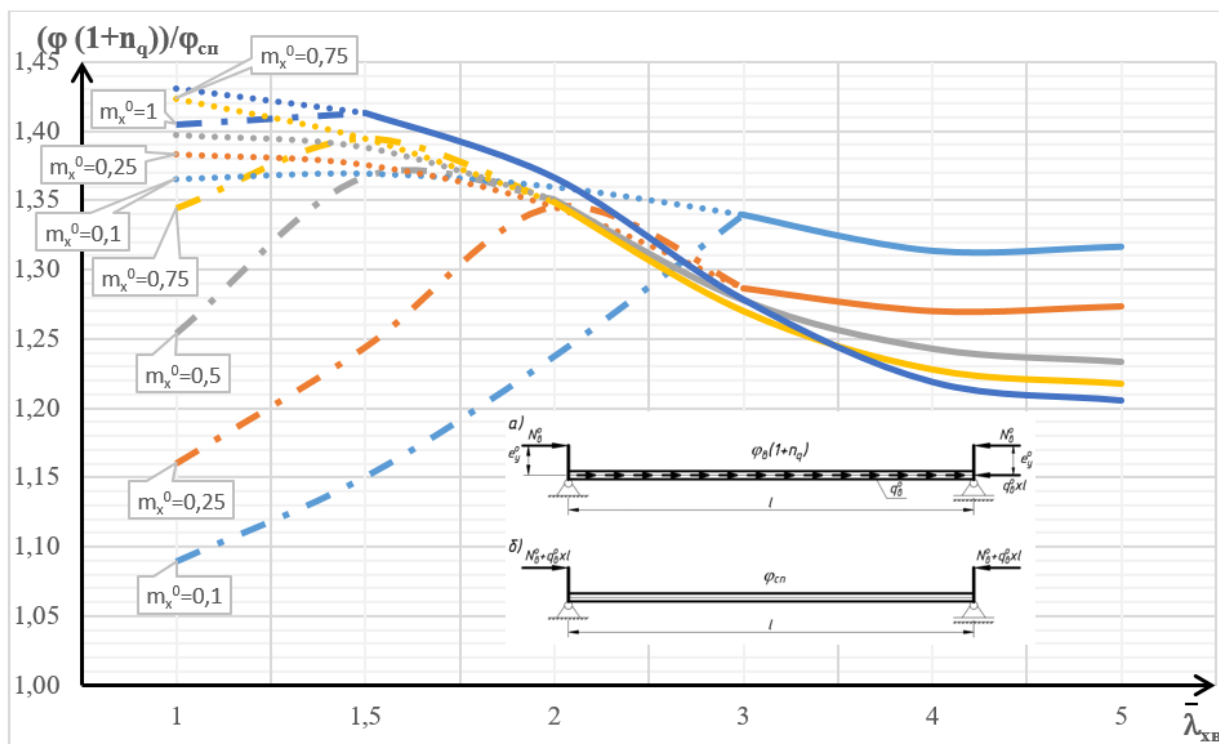


Рис.6. Графики при $n_q = q^0 l / N_B^0 = 1$

Достоверность предложенного решения подтверждается хорошим согласованием (различия составляют не более 2...3%) результатов расчета коэффициента устойчивости по обратному методу $\varphi_B(1+n_q)$ при $n_q = 0$ с нормативным коэффициентом φ_e , определяемого по табл. Д.3 СП16.13330.2017.

ВЫВОДЫ

Использование фактической схемы загрузки ветви продольной силой, действующей с относительно малыми (присущими ветви) эксцентриситетами, в сочетании с равномерно-распределенной осевой нагрузкой позволяет вскрыть весьма существенные резервы несущей способности, так при коэффициенте распределенной силы равным: $n_{q1} = 0,5$ от 5 до 22%, при $n_{q2} = 1$ от 9 до 47%/

ЛИТЕРАТУРА

1. Горев В.В. Разработка общей методики статического расчета сжатых решетчатых металлических конструкций и совершенствование их конструктивной формы. – Дис. док. техн. наук: 05.23.01. Липецк, 1985. 403с.
2. Горев В.В. Влияние двухосного эксцентриситета на работу сквозных стержней // Строит. мех. и расчет соорж., 1978, №4. С.30-33.
3. Горев В.В. Общая устойчивость сжатых сквозных стержней – Изв. вузов. Стр-во и архитект., 1983, №1. С39-40.
4. Белый Г.И. Расчет на устойчивость решетчатых элементов стальных конструкций // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 10. С. 1347–1357. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.10.1347-1357.
5. Тимошенко С.П. Устойчивость упругих систем. М; Издательство технико-теоретической литературы, Издательство второе, 1955 – 576с.
6. Белый Г.И. О расчете упругих стержней по деформированной схеме при действии активных и параметрических нагрузок. Механика стержневых систем и сплошных сред. – Л. 1980. С41-48 – (Сб.науч.тр./Ленингр. инженер. – строит. ин-т; №32) 48с.
7. Белый Г.И. Устойчивость ветвей решетчатых элементов стальных конструкций / Г.И. Белый, М.О. Лобовский // Вестник гражданских инженеров. – 2023. - №2(97). – С. 18-29. – DOI 10.23968/1999-5571-2023-20-2-18-29. – EDN YWGOEA

РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАМ С УЧЕТОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИСКРЕТНЫХ ТРЕЩИН

С.Ю. Савин¹, В.И. Колчунов², В.Ф.Т. Ле³

1,2,3 ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹suwin@yandex.ru

²asiorel@mail.ru

³hskdtoan@gmail.com

Аннотация

Предложен метод расчета железобетонных каркасов зданий на основе двухуровневой дискретизации с учетом моделирования дополнительных поворотов сечений при образовании трещин. Верификация модели выполнена на основе сопоставления с экспериментальными данными для П-образной железобетонной рамы с затяжкой, представленным в работе Бондаренко В.М. и Колчунова Вл.И. Показано, что учет дискретного характера трещинообразования позволяет получить лучшее соответствие результатов численного моделирования экспериментальным данным и может быть использован при оценке сопротивления железобетонных конструктивных систем зданий при аварийных расчетных ситуациях, связанных с отказом отдельных несущих элементов.

ВВЕДЕНИЕ

При решении исследовательских задач по оценке сопротивления железобетонных конструкций часто прибегают к использованию программных комплексов Ansys, Abaqus, в которых создаются численные модели из объемных конечных элементов, моделирующих бетон, а армирование моделируется стержневыми элементами. Результаты такого моделирования очень хорошо согласуются с физическим экспериментом. Однако существенным недостатком являются большие объемы решаемых задач, если дело доходит до конструктивных систем, содержащих большое количество элементов. В этом случае для проектирования и первичного анализа на этапе исследований является оправданным применение метода структурных элементов. В этом случае эффекты от трещинообразования учитываются через изменение жесткостей в сечениях конструктивного элемента. Однако эффект трещинообразования распределяется по длине элемента, что может приводить к некорректной оценке поведения несущих систем при аварийных ситуациях.

В последние годы развитие получили дискретно-континуальные методы расчетного анализа, при которых несущая система разбивается на элементы, соединяемые системой связей в соответствии с особенностями деформирования и механизмами разрушения сечений в предельном состоянии. К числу таких методов может быть отнесен метод прикладных элементов, рассматриваемый Alanani и др. [1] применительно к стержневым железобетонным конструктивным системам. Для плоских перекрытий в работах Кодыша Э.Н. и Мамина А.Н. [2] приводится аналогичный подход, названный авторами методом дискретных связей.

В работе Бондаренко В.М. и Колчунова Вл.И [3] для анализа силового сопротивления используются предложенные ими расчетные модели сопротивления для характерных узлов и элементов железобетонных каркасов зданий. Вместе с тем такой подход может быть реализован применительно к оценке сопротивления несущих систем при особых воздействиях, вызванных отказом одного из несущих элементов конструктивной системы здания [4-10].

Цель исследования - разработка варианта дискретизации стержневой расчетной конечно-элементной модели на основе учета дополнительных поворотов сечений при

образовании трещин. Для проверки адекватности модели выполнена верификация путем сопоставления с экспериментальными данными для П-образных рам [3].

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ

Определение напряженно-деформированного состояния в конструктивной системе выполняется с использованием структурных конечных элементов балочного типа по деформированной схеме с учетом влияния продольного изгиба, физической нелинейности и изменения напряженно-деформированного состояния элементов вследствие структурной перестройки системы. Предполагается, что после образования трещин учитывается изменение податливости (жесткости) в узлах сопряжения структурных элементов расчетной модели за счет дополнительного поворота сечений в растянутых зонах по границам берегов трещин, как показано на рис. 1, а на основе диаграммы «момент – угол поворота» (рис. 1, б).

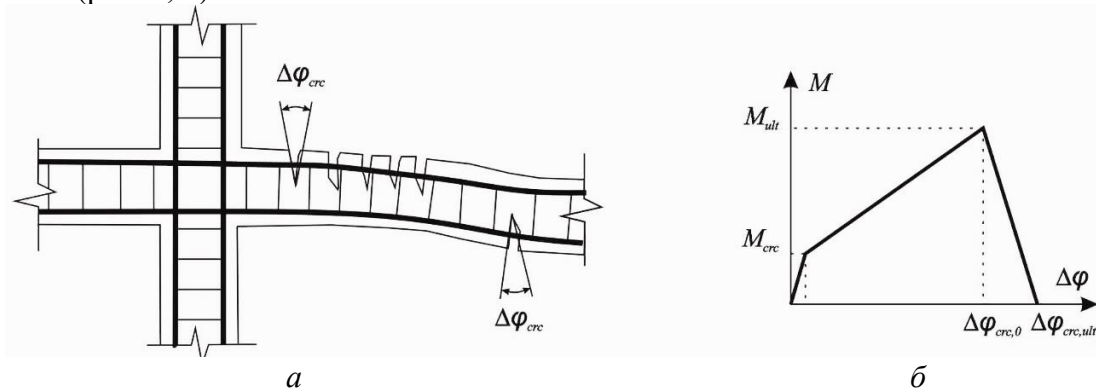


Рис. 1. Схема характерного фрагмента железобетонной рамы для построения расчетной модели (а) и диаграмма «Момент – дополнительный угол поворота» к определению жесткости (податливости) узлового соединения (б)

На этапе работы до образования трещин предполагается, что поведение материала близко к упругому, а углы поворота практически совпадают с кривизнами в сечениях.

Жесткость C_i узла сопряжения стержневых элементов после образования трещины и до достижения предельного изгибающего момента может быть определена по формуле (1):

$$C_i = 2 \frac{M_{ult} - M_{crc}}{\Delta\varphi_{crc,0}}, \quad (1)$$

Здесь M_{ult} – предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением изгибаемого или внецентренно сжатого элемента, определяемый по формуле (2):

$$M_{ult} = (N \cdot e_0 \cdot \eta)_{ult} = R_{bn} \cdot \left[b \cdot x_{calc} \cdot \left(h_0 - \frac{x_{calc}}{2} \right) \right] + \left(R_{scn} \cdot A'_s - \frac{N}{2} \right) \cdot (h_0 - a') \quad (2)$$

где N – продольная сила, действующая во внецентренно сжатом стержневом элементе; e_0 – эксцентриситет продольной силы; $\eta = (1 - N/N_{cr})$ – коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба на несущую способность внецентренно сжатого элемента при условной критической силе N_{cr} , определяемой по СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения»; R_{bn} – нормативная сопротивлению бетона осевому сжатию; R_{scn} – нормативное сопротивление стальной арматуры сжатию; b – ширина поперечного сечения; x_{calc} – высота сжатой зоны в предположении прямоугольной эпюры нормальных напряжений в предельном состоянии; h_0 – рабочая высота сечения; A'_s – площадь арматуры у наиболее сжатой грани сечения.

Момент трещинообразования в железобетонном элементе M_{crc} определяется по формуле (3):

$$M_{crc} = R_{btm} \cdot \gamma \cdot W_{red} \pm N \cdot e_x, \quad (3)$$

где R_{btm} – нормативная прочность бетона при осевом растяжении; γ – коэффициент, учитывающий пластические деформации, который для прямоугольного сечения принимается $\gamma = 1,3$; W_{red} – приведенный момент сопротивления сечения; $e_x = W_{red}/A_{red}$ – расстояние от точки приложения продольной силы до ядровой точки, наиболее удаленной от грани элемента, проверяемой на трещинообразование.

Приращение угла раскрытия трещины $\Delta\varphi_{crc,0}$ определяется по формуле (4):

$$\Delta\varphi_{crc,0} = \frac{a_{crc,0}}{h_{crc}}, \quad (4)$$

где ширина раскрытия трещины $a_{crc,0}$ и высота трещины h_{crc} при предельном значении изгибающего момента $M = M_{ult}$

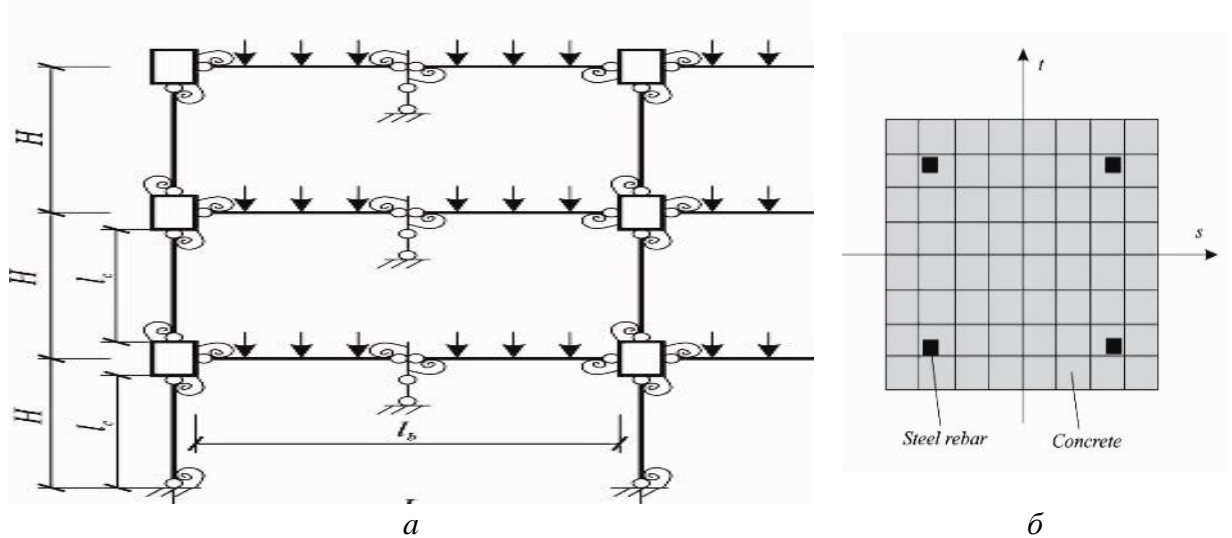


Рис. 2. Расчетная схема метода перемещений для расчета устойчивости железобетонных каркасов зданий при структурных перестройках, вызванных особым воздействием: а) общий вид схемы, б) структурный элемент

Для проверки адекватности предлагаемой модели характеру деформирования элементов железобетонных рам при образовании трещин использованы экспериментальные данные для железобетонных П-образных рам с затяжками [3]. Общий вид и схема армирования рамы приведен на рисунке 3.

Материал экспериментальной рамы бетон В35 ($R_{bn} = 25.5$ МПа, $R_{bt,n} = 1.95$ МПа, $E_b = 34500$ МПа, $\varepsilon_{b,ult} = 0.0035$). Армирование рамы выполнено стальной стержневой арматурой А300 ($R_{sn} = 300$ МПа, $E_s = 200000$ МПа, $\varepsilon_{s,ult} = 0.025$). Принятые диаграммы деформирования материалов представлены на рисунке 4.

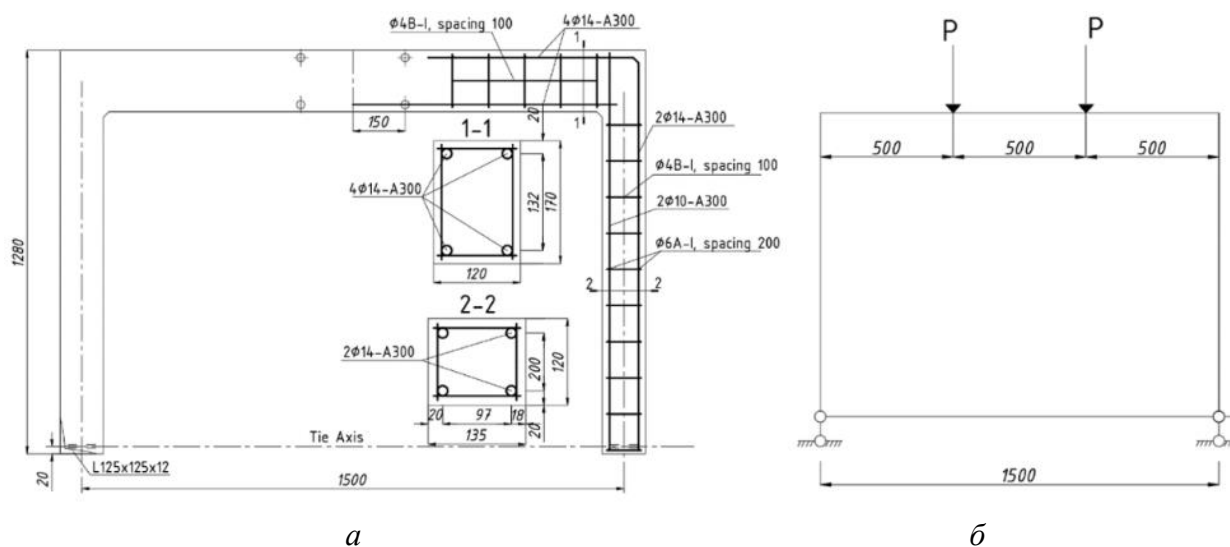


Рис.3. П-образная рама: схема армирования (а), расчетная схема (б)

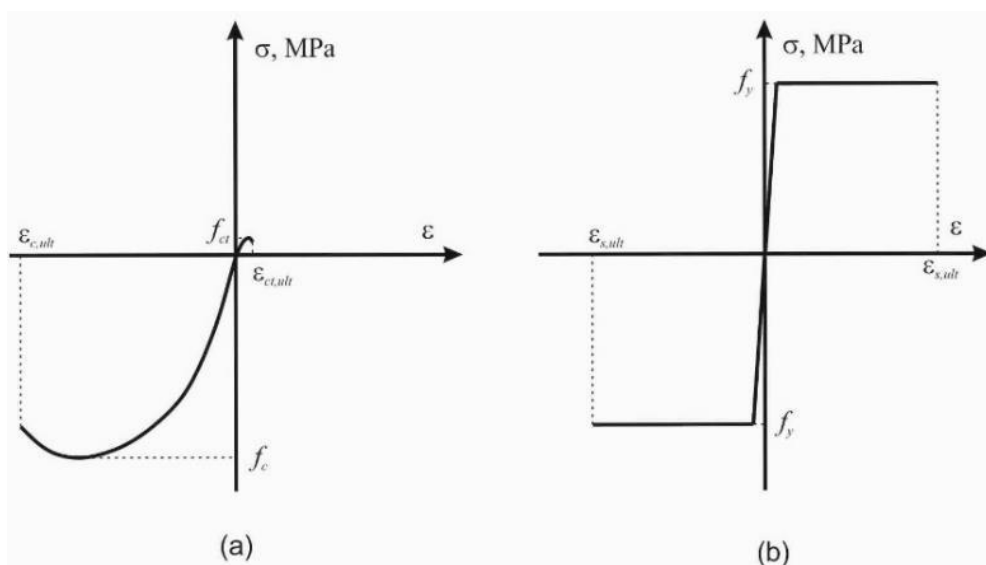


Рис. 4 – диаграммы для бетона (а) и стальной арматуры (б)

Рама моделировалась универсальными физически и геометрически нелинейными структурными конечными элементами балочного типа. Была выполнена расшивка во всех узлах исходной расчетной модели с объединением линейных перемещений. В результате была получена расчетная схема, состоящая из несвязанных друг с другом структурных элементов, объединенных по линейным перемещениям и независимо деформирующихся при повороте. Между узлами соседних структурных элементов были введены специальные конечные элементы нулевой длины, моделирующие поворот сечений при раскрытии дискретных трещин в соответствии с выражениями (3), (4).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для экспериментальной конструкции железобетонной рамы был выполнен расчет на статическое нагружение двумя сосредоточенными силами 90 кН, приложенными как показано на рисунке 3, б. На рисунке 6 приведены результаты расчета изгибающих моментов в раме с учетом традиционных моделей метода конечных элементов - 1, податливости в конструктивных узлах - 2, обработки экспериментальных данных - 3 и по предлагаемому методу - 4.

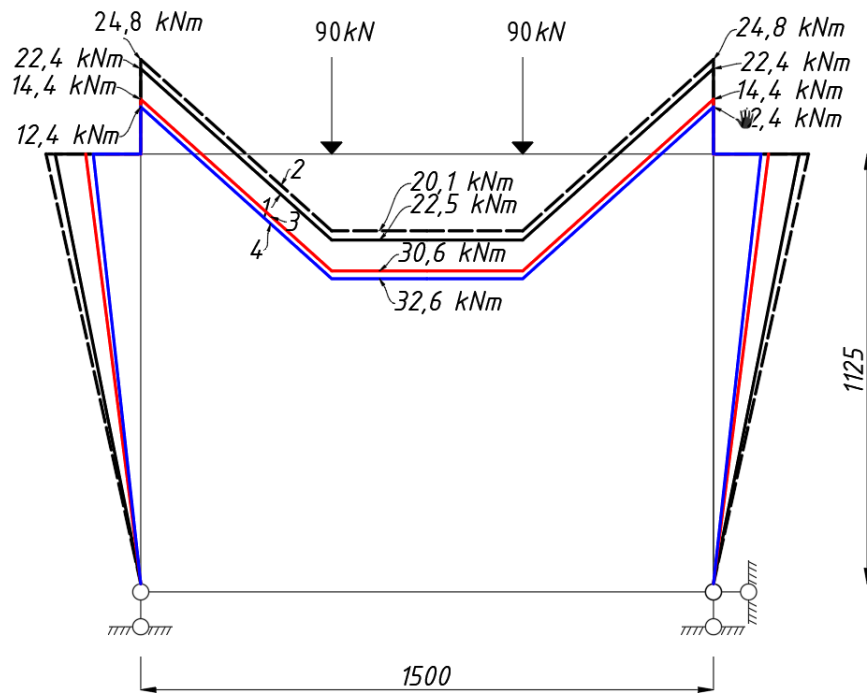


Рис.5. Эпюры моментов в П-образных железобетонных рамах с затяжкой при нагрузке 90 кН: 1 - при жестких узлах; 2 - с учетом податливости узлов; 3 - по экспериментальным данным; 4 - по предлагаемому методу.

Изгибающие моменты в раме по результатам ее расчета по предложенному методу практически полностью совпали с выявленными экспериментальными значениями. В результате трещинообразования (рис 6, б) произошло перераспределение изгибающих моментов в ригеле рамы: снижению моментов в конструктивных узлах на 148 % и увеличению в пролете на 37,5 % по сравнению с расчетом по традиционному подходу методом структурных конечных элементов. Это также отразилось на напряженно-деформированном состоянии стоек рамы, в которых также было отмечено снижение изгибающих моментов в верхних опорных сечениях.

Полученное совпадение результатов позволяет применить разработанный метод к оценке влияния топологии конструктивной системы на устойчивость железобетонных рам многоэтажных зданий при аварийных воздействиях с учетом нарушения сплошности бетона от образования трещин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье представлен вариант дискретизации стержневой расчетной модели на основе учета дополнительных поворотов при образовании трещин. Соответствие предложенной модели характеру деформирования железобетонных рамных конструкций подтверждена на основе выполненной верификации путем сопоставления с экспериментальными данными для П-образных рам с затяжками.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-49-10010, <https://rscf.ru/project/24-49-10010/>

ЛИТЕРАТУРА

1. Alanani M., Ehab M., Salem H. Progressive collapse assessment of precast prestressed reinforced concrete beams using applied element method // *Case Studies in Construction Materials*. 2020. 13. e00457.
2. Кодыш Э.Н., Мамин А.Н. Разработка дискретно-связевой модели для определения напряженно-деформированного состояния плоских конструкций // *Известия вузов. Строительство*. 2003. № 540(12). С.

13–20.

3. *Бондаренко В.М., Колчунов В.И.* Расчетные модели силового сопротивления железобетона. М.: Изд-во АСВ, 2004. 472 с.
4. *Савин С. Ю., Колчунов В. И., Федорова Н. В.* Расчет устойчивости железобетонных каркасов зданий при особых воздействиях // Промышленное и гражданское строительство. 2023. № 9. С. 12-21. doi: 10.33622/0869-7019.2023.09.12-21
5. *Савин С.Ю., Фёдорова Н.В., Колчунов В.И.* Устойчивость железобетонных каркасов зданий в запредельных состояниях // Academia. Архитектура и строительство. – 2023. – № 4. – С. 127–137. – DOI: 10.22337/2077-9038-2023-4-127-137.
6. *Тамразян А. Г.* Концептуальные подходы к оценке живучести строительных конструкций, зданий и сооружений // Железобетонные конструкции. 2023. № 3. С. 62-74.
7. *Трекин Н.Н., Кодыш Э.Н., Парфенов С.Г., Андриян К.Р.* Развитие метода расчета железобетонных конструкций по образованию и раскрытию нормальных трещин. Железобетонные конструкции. 2023;4(4):20-31. <https://doi.org/10.22227/2949-1622.2023.4.20-31>
8. *Трещев А.А., Телчико В.Г., Андронов А.М.* Моделирование многоэтажного здания из железобетона с учетом повреждаемости на деформируемом основании. Железобетонные конструкции. 2023;4(4):66-80. <https://doi.org/10.22227/2949-1622.2023.4.66-80>
9. *Рак Н.А., Тур В.В.* Будущее норм проектирования железобетонных конструкций: проблемы и перспективы. Железобетонные конструкции. 2023;4(4):91-103. <https://doi.org/10.22227/2949-1622.2023.4.91-103>
10. *Тамразян А.Г.* Концептуальные подходы к оценке живучести строительных конструкций, зданий и сооружений. Железобетонные конструкции. 2023;3(3):62-74. <https://doi.org/10.22227/2949-1622.2023.3.62-74>

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НАГРУЖЕННОСТИ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ

О.А. Туснина¹, А.В. Алексейцев²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹tusninaoa@mgsu.ru

²aalexw@mail.ru

Аннотация

Технологии машинного обучения в настоящее время получают активное развитие для решения различных задач в инженерном деле. Некоторые из таких задач это предсказание напряженно-деформированного состояния и подбор рациональных параметров для проектируемых конструкций, оценка нагруженности и механической безопасности нормально эксплуатируемых систем, определение величины риска последствий аварийных ситуаций, выявление силовых потоков и анализ развития сценариев хода и локализации прогрессирующего разрушения. Для решения этих задач в пределах требуемой точности может использоваться обучение на основе линейной регрессионной модели. Однако для этого необходимо преодолеть ряд трудностей, одной из которых является идентификация загруженности тех или иных элементов несущей системы в случае действия различных вариантов нагружений. Выполняя такую идентификацию, можно оценить как значимость того или иного параметра в регрессионном анализе, так и диапазон комбинаций нагружений, в которых с некоторой вероятностью система будет сохранять свойство живучести при наступлении аварийной ситуации.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из современных тенденций развития строительной науки является внедрение новых информационных технологий, способных в условиях неопределенности решать широкий круг задач. Это задачи прогнозирования остаточного ресурса конструкций [1], повышения эффективности организации и управления производством [2], оценки параметров прочности железобетонных балок [3] и др. При этом используются технологии машинного обучения и нейросетевого моделирования. Основным недостатком этих технологий для решения задач, связанных с оценкой надежности, прочности и жесткости является недостаточная уверенность в точности предсказаний, получаемых на основе уравнений регрессии или другими способами. Конкретизируя, можно получить достаточно точные прогнозы, но для этого необходимо специальным образом готовить исходные данные (обучающую выборку) и иметь большое число достоверных данных, полученных на основе использования аналитических или численных апробированных методик расчета. Казалось бы, если объект – это простая балка или ферма, то получить такие данные не составляет трудностей, но даже в этом случае с учетом многовариантности нагружения могут возникнуть проблемы. Прежде всего они связаны с определением значимости того или иного конструктивного элемента в системе как при нормальной эксплуатации, так и при авариях. То есть, по сути, в цифровой идентификации того, является ли этот элемент «ключевым» или нет. Термин «ключевой» понимается как способность элемента предотвращать отказ системы в случае реализации сценария прогрессирующего разрушения. Для решения этой задачи предлагается использовать систему некоторых относительных величин, получаемых в стержневой системе при действии различных нагружений.

Перспективами для такой идентификации является решение задач для реальных строительных конструкций, связанных с оценкой эффективности той или иной системы усиления [4, 5], анализом прогрессирующего разрушения конструкций [6, 7], их живучестью [8, 9] и др.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассматриваем линейно-деформируемую стержневую систему, в которой элементы работают на растяжение-сжатие и изгиб в плоскости системы. Для идентификации силового сопротивления этой системы введем следующие коэффициенты, характеризующие относительное напряженное состояние элементов системы, при действии загрузки k :

- коэффициент $K_{k,i}^N$, показывающий относительный уровень нагруженности i -го конструктивного элемента продольным усилием $N_{k,i}$:

$$K_{k,i}^N = \frac{N_{k,i} \cdot \frac{l_i}{EA_i}}{C_k^N}, K_{k,i}^N \in [0;1], \quad (1)$$

- коэффициент $K_{k,i}^M$, показывающий относительный уровень нагруженности i -го конструктивного элемента изгибающим моментом $M_{k,i}$:

$$K_{k,i}^M = \frac{M_{k,i} \cdot \frac{l_i}{EI_i}}{C_k^M}, K_{k,i}^M \in [0;1], \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) l_i - длина i -го конструктивного элемента (расстояние между конструктивными узлами сопряжения элемента с примыкающими конструкциями); EA_i и EI_i - продольная и изгибная жесткости i -го конструктивного элемента, соответственно. Параметры C_k^N и C_k^M - константы системы при действии загрузки k , позволяющие оценить максимальный уровень нагруженности элементов в системе продольной силой и изгибающим моментом, соответственно. Эти константы могут быть выражены так:

$$C_k^N = \max \left(N_{k,i} \cdot \frac{l_i}{EA_i} \right); C_k^M = \max \left(M_{k,i} \cdot \frac{l_i}{EI_i} \right), \quad (3)$$

Предложенные коэффициенты $K_{k,i}^N$ и $K_{k,i}^M$, характеризующие уровень нагруженности i -го элемента, учитывают соотношение величины усилия, воспринимаемого элементом, к его погонной жесткости, благодаря чему они позволят выявить элементы, которые наименее эффективно включаются в работу. Большие значения коэффициентов $K_{k,i}^N$ и $K_{k,i}^M$ могут наблюдаться в конструктивных элементах двух типов. Первый это «ключевые» элементы в составе каркаса, воспринимающие большие усилия и разрушение которых может повлечь за собой прогрессирующее разрушение каркаса; второй - элементы конструкции, в которых действует большое усилие при небольшой жесткости (например, пояс фермы из парных уголков, нагруженный внеузловой нагрузкой, воспринимает изгибающий момент, обладая при этом небольшой изгибной жесткостью, что является нерациональным или ошибочным конструктивным решением).

В свою очередь константы системы C_k^N и C_k^M показывают максимальную степень нагруженности элементов системы и зависят от направления и величин действующих на систему нагрузок, конфигурации и жесткости системы, ее статической схемы работы и граничных условий, а также от соотношения жесткостей, размеров и жесткости узловых соединений конструктивных элементов.

Константы системы могут быть использованы для оценки эффективности работы системы при действии различных нагружений. При нагружении одинаковой нагрузкой различных систем с мало отличающейся суммарной жесткостью элементов наиболее рациональной будет являться система с минимальным значением константы, т.к. в ней возникают меньшие относительные усилия.

Для оценки включения (роли в обеспечении несущей способности) конструктивного элемента в работу линейно-деформируемой стальной конструктивной системы можно предложить коэффициенты использования i -го элемента по прочности при действии нормальных напряжений: $K_{k,i}^N$ и $K_{k,i}^M$:

$$K_{k,i}^{\sigma} = C_k^N \cdot \frac{E}{R_y} \cdot \frac{K_{k,i}^N}{l_i} \pm C_k^M \cdot \frac{E}{R_y} \cdot \frac{K_{k,i}^M \cdot h_i}{l_i}, \quad (4)$$

где E – модуль упругости; R_y – расчетное сопротивление, h_i – координата точки поперечного сечения i -го элемента, наиболее удаленная от нейтральной оси, в которой определяется наименьшее значение момента сопротивления.

В дальнейшем предлагаемый подход может быть распространен на конструкции из других материалов и на стальные конструкции, работающие при напряжениях, превышающих предел упругости, что особенно актуально для особых предельных состояний, возникающих при аварийных локальных повреждениях конструкций.

Вычислив коэффициент $K_{k,i}^{\sigma}$ по формуле (4) для каждого из конструктивных элементов, можно выполнить интегральную оценку W_k^{σ} нагруженности системы в целом, с использованием выражения:

$$W_k^{\sigma} = \sum_{i=1}^n K_{k,i}^{\sigma}, \quad (5)$$

где n – общее число элементов в системе.

Выражением (5) можно пользоваться при оценке эффективности работы различных вариантов стержневых систем при различных нагружениях. Чем больше величина W_k^{σ} , тем меньший запас прочности есть у элементов системы, следовательно тем сильнее снижается ее надежность. Таким образом можно предположить, что при действии на различные системы одинаковой нагрузки наиболее эффективной будет система с наименьшим значением W_k^{σ} .

Однако применение уравнений (5) без дополнительных условий не позволяет проанализировать неравномерность нагруженности элементов в системе и может привести к необъективной оценке эффективности системы, например, если в составе системы имеются конструктивные элементы большой жесткости, воспринимающие большую часть нагрузки. Такие элементы, обладающие чрезмерной жесткостью, являются концентраторами усилий в каркасе и имеют пиковые значения коэффициентов $K_{k,i}^N$, $K_{k,i}^M$ и $K_{k,i}^{\sigma}$ в то время как в остальных элементах значения коэффициентов оказываются существенно меньше. Для каркасов зданий целесообразнее для повышения их отказоустойчивости и живучести в аварийной ситуации обеспечивать более равномерное распределение усилий по каркасу, и избегать их повышенной концентрации в отдельных зонах. Таким образом, чем менее коэффициенты $K_{k,i}^{\sigma}$ для различных элементов отличаются друг от друга, и чем их величина ближе к некоторому заданному значению $[\Omega]$, тем более эффективна система. Величина $[\Omega]$ отражает оптимальную величину коэффициента использования элементов и назначается при проектировании с учетом уровня ответственности сооружения, неопределенности воздействий на него и прочих факторов, может быть принята в пределах $[\Omega] = 0.8 \dots 1$. Оценить равномерности распределения усилий при действии загрузки k можно с помощью квадратичного отклонения коэффициентов $K_{k,i}^{\sigma}$ от оптимальной величины $[\Omega]$:

$$S_k^{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n ([\Omega] - K_{k,i}^{\sigma})^2}{n-1}}, \quad (6)$$

Таким образом, выполняя вычисления по формулам (1)-(6), можно установить степень значимости того или иного признака (параметра), например, жесткости стержня, и адекватно подойти к его учету в линейном уравнении регрессии для предсказания, например, реакции системы на внезапно изменяющиеся силовые или кинематические ограничения, такие как, аварийные локальные разрушения, ускоренная средовая деградация жесткости элементов и т.д.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрим тестовую плоскую стержневую систему. Узлы сопряжения ригеля со стойками жесткие, узлы всех остальных элементов, включая опорный узел стоек - шарнирные. Высота рамы и размер каждого пролета составляют 1 м. Жесткости всех элементов заданы одинаковыми $EI_i = 100 \text{ кНм}^2$, $EA_i = 100 \text{ кН}$. Для удобства теоретических расчетов соотношение E/Ry принято условно равным 1, координаты сечений, в которых определяется наименьшая величина момента сопротивления h_i (см. формулу (3)) для всех элементов приняты условно равными 1 м. Для оценки влияния длины стержневых элементов на значения введенных оценочных коэффициентов рассмотрено несколько вариантов длин крайних подкосов, расположенных под углом 45° и закрепленных на отметке, расположенной ниже оси ригеля рамы на расстоянии от четверти до удвоенной высоты рамы: параметр kl , показывающий это соотношение принят равным от 0.25 до 2, соответственно ($kl = 0.25; 0.5; 1; 2$). Рассмотрены варианты действия на раму вертикальной и горизонтальной нагрузок - см. табл. 1 и 2 (значения нагрузок на схемах приведены в кН).

Табл. 1. Тестовая стержневая система и результаты расчетов оценочных коэффициентов при действии вертикального нагружения

$kl=0.25$				$kl=0.5$			
$C_k^N = 0.00624; C_k^M = 0.0019; W_k^\sigma = 4.772; S_k^\sigma = 0.525$				$C_k^N = 0.00667; C_k^M = 0.00151; W_k^\sigma = 4.393; S_k^\sigma = 0.576$			
No.	$K_{k,i}^N$	$K_{k,i}^M$	$K_{k,i}^\sigma$	No.	$K_{k,i}^N$	$K_{k,i}^M$	$K_{k,i}^\sigma$
64	0.343	0	0.605	55	0.475	0	0.448
65	0.707	0	0.312	56	0.706	0	0.333
66	0.343	0	0.605	57	0.475	0	0.448
67	0.707	0	0.312	58	0.706	0	0.333
68	0.865	1	0.730	59	0.921	1	0.765
69	1	0	0.624	60	1	0	0.667
70	0.865	1	0.730	61	0.921	1	0.765
71	0.380	1	0.427	62	0.249	1	0.317
72	0.380	1	0.427	63	0.249	1	0.317
$kl=1$				$kl=2$			
$C_k^N = 0.00708; C_k^M = 0.00112; W_k^\sigma = 4.022; S_k^\sigma = 0.551$				$C_k^N = 0.00744; C_k^M = 0.00081; W_k^\sigma = 3.729; S_k^\sigma = 0.691$			
No.	$K_{k,i}^N$	$K_{k,i}^M$	$K_{k,i}^\sigma$	No.	$K_{k,i}^N$	$K_{k,i}^M$	$K_{k,i}^\sigma$
1	0.589	0	0.295	46	0.665	0	0.175
2	0.707	0	0.354	47	0.703	0	0.370
3	0.589	0	0.295	48	0.665	0	0.175
4	0.707	0	0.354	49	0.703	0	0.370
5	0.970	1	0.799	50	1	1	0.825
6	1	0	0.708	51	0.996	0	0.741
7	0.970	1	0.799	52	1	1	0.825
8	0.137	1	0.209	53	0.058	1	0.124
9	0.137	1	0.209	54	0.058	1	0.124

Табл. 2. Тестовая стержневая система и результаты расчетов оценочных коэффициентов для горизонтального нагружения

$C_k^N = 0.00314$; $C_k^M = 0.00657$; $W_k^\sigma = 4.757$; $S_k^\sigma = 0.561$				$C_k^N = 0.00535$; $C_k^M = 0.00653$; $W_k^\sigma = 5.017$; $S_k^\sigma = 0.513$			
No.	$K_{k,i}^N$	$K_{k,i}^M$	$K_{k,i}^\sigma$	No.	$K_{k,i}^N$	$K_{k,i}^M$	$K_{k,i}^\sigma$
64	1	0	0.888	55	1	0	0.757
65	0.837	0	0.186	56	0.663	0	0.251
66	1	0	0.888	57	1	0	0.757
67	0.837	0	0.186	58	0.663	0	0.251
68	0.356	0.627	0.524	59	0.471	0.706	0.713
69	0	1	0.657	60	0	1	0.653
70	0.356	0.627	0.524	61	0.471	0.706	0.713
71	0.127	0.627	0.452	62	0	0.706	0.461
72	0.127	0.627	0.452	63	0	0.706	0.461
$C_k^N = 0.00826$; $C_k^M = 0.00647$; $W_k^\sigma = 5.585$; $S_k^\sigma = 0.461$				$C_k^N = 0.01134$; $C_k^M = 0.00641$; $W_k^\sigma = 6.181$; $S_k^\sigma = 0.470$			
No.	$K_{k,i}^N$	$K_{k,i}^M$	$K_{k,i}^\sigma$	No.	$K_{k,i}^N$	$K_{k,i}^M$	$K_{k,i}^\sigma$
1	1	0	0.584	46	1	0	0.401
2	0.575	0	0.336	47	0.531	0	0.426
3	1	0	0.584	48	1	0	0.401
4	0.575	0	0.336	49	0.531	0	0.426
5	0.528	0.813	0.962	50	0.556	0.928	1.226
6	0	1	0.647	51	0	1	0.641
7	0.528	0.813	0.962	52	0.556	0.928	1.226
8	0.074	0.813	0.587	53	0.108	0.928	0.717
9	0.074	0.813	0.587	54	0.108	0.928	0.717

В табл. 1 и 2 жирным выделены строки, содержащие результаты для наиболее нагруженных элементов в каждом случае. При действии вертикальной нагрузки для всех вариантов рам получено, что наиболее нагружены крайние стойки. А при действии горизонтальной нагрузки в зависимости от длин подкосов наиболее нагруженными элементами являются либо крайние стойки, либо подкосы. Получено, что с увеличением длин подкосов константа C_k^N возрастает и, как следствие, увеличивается величина коэффициента использования наиболее нагруженных элементов. Также при этом возрастает и неравномерность нагруженности системы – величина отклонения S_k^σ увеличивается (в данном случае при определении S_k^σ , по формуле (6) принято $[\Omega]=1$).

Кроме этого, по значению параметра W_k^σ можно оценить уровень включения в работу элементов системы. Так, например, горизонтальное нагружение вызывает большую интегральную напряженность конструкции, то есть в элементах суммарно возникают большие усилия. Этот факт может иметь негативные последствия, если при этом для большего числа элементов $[\Omega] \rightarrow 1$, а распределение загрузки элементов неравномерное. И наоборот, если в целом распределение нагруженности, оцениваемое с помощью коэффициентов выражения (6) равномерное, то большее значение W_k^σ может говорить о

рациональности подбора жесткостей в системе. В частности, учет горизонтальных нагрузок в каркасах зданий является обязательным [10].

ВЫВОДЫ

Предложена система показателей для оценки работы стержневой системы при действии различных нагрузок, которая в дальнейшем может быть использована для машинного обучения моделей, прогнозирующих параметры механической безопасности конструктивных систем, а также позволяющей спроектировать оптимально и эффективно работающий каркас, характеризующийся наиболее выгодным распределением усилий по элементам при действии как эксплуатационных, так и аварийных нагрузок и воздействий.

В частности, в качестве критерия оценки работы системы при многовариантных нагрузках могут использоваться константы системы, оценивающие максимальный уровень нагруженности, стандарты (разбросы по элементам) преобладающих внутренних усилий и интегральная оценка вовлеченности в работу элементов системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федосов С.В., Логинова С.А., Шалыгина А.А. Прогнозирование остаточного ресурса бетонных конструкций при биокоррозии с позиции теории массопереноса // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2022. Т. 18. № 5. С. 438–443. <http://doi.org/10.22363/1815-5235-2022-18-5-438-443>
2. Ндайирагидже И., Ланидус А.А. Искусственные нейронные сети как инструмент оптимизации производственных процессов в строительстве // Технология и организация строительного производства. 2018. № 4. С. 3-6.
3. Шарафутдинов К.Б., Кашеварова Г.Г., Ерофеев В.Т., Сарайкина К.А. Прогнозирование прочности и биостойкости бетона методами нейронных сетей В книге: Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений. Тезисы докладов VIII-го международного симпозиума. 2023. С. 375-376.
4. Алексейцев А.В. Оптимальный структурно-параметрический синтез систем усиления металлических ферм // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2014. № 2. С. 37-46.
5. Alekseytsev A., Botagovsky M., Kurchenko N. Cost minimization for safety enhancing of timber beam structures in historical buildings В сборнике: E3S Web of Conferences. 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019. 2019. С. 03002.
6. Кабанцев О. В., Митрович Б. К выбору характеристик предельных состояний монолитных железобетонных несущих систем для режима прогрессирующего обрушения // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2018. – №. 6. – С. 234-241.
7. Тамразян А. Г. Научные основы оценки риска и обеспечения безопасности железобетонных конструкций, зданий и сооружений при комбинированных особых воздействиях // Вестник НИЦ Строительство. – 2018. – №. 1. – С. 106-114.
8. Травуш В.И., Федорова Н.В. Живучесть конструктивных систем сооружений при особых воздействиях // Инженерно-строительный журнал. 2018. № 5(81). С. 73–80. doi: 10.18720/MCE.81.8.
9. Колчунов В.И., Савин С.Ю. Критерии живучести железобетонной рамы при потере устойчивости // Инженерно-строительный журнал. 2018. № 4(80). С. 73–80.
10. Золина Т.В., Туснин А.Р. Обоснование необходимости учета боковых сил, возникающих при крановых воздействиях на каркас здания. Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 5. С. 17-23.

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ БЕТОНОВ ПРИ ТРЕХОСНОМ НАГРУЖЕНИИ

Д.Е. Капустин¹, Нема Соному²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹kde90@bk.ru

²sonomounema73@gmail.com

Аннотация

Усовершенствование расчетных моделей бетона на основе экспериментальных данных, особенно при исследовании объемного напряженно-деформированного состояния, является актуальной задачей. При расчете защитных оболочек АЭС при воздействии запроектных аварий категорически важно учитывать имеющиеся запасы прочности используемых материалов. При объемном нагружении за счет работы бетона в стесненных условиях его прочностные и деформационные характеристики улучшаются, что не в достаточном объеме отражено в действующей в РФ нормативной документации. При использовании расчетных программных комплексов критерии разрушения материалов следует уточнять и проверять по результатам экспериментальных исследований. Ввиду отсутствия стандартной методики проведения подобных испытаний возникают сложности в использовании имеющихся сведений об экспериментальных исследованиях других авторов в числовой расчетной модели. В тоже время применение самоуплотняющихся бетонных смесей приводит к изменению структуры материала, требующей уточнения расчетной модели. С целью выбора оптимальной методики испытаний был выполнен анализ существующих методов, выбран наиболее приемлемый метод с учетом трудоемкости и достоверности полученных результатов, и разработаны рекомендации по его усовершенствованию для использования при испытании тяжелых бетонов. В результате апробационных испытаний бетона при объемном нагружении по предложенной методике с учетом усовершенствования системы измерения деформаций подтвердили ее эффективность с позиции достоверности данных и относительно низкой трудоемкости работ.

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании зданий и сооружений повышенного уровня ответственности, в том числе сооружений АЭС, на этапе расчета, связанном с подбором сечений и материалов с нужными физико-механическими свойствами, деятельность проектировщиков регламентируется нормативными документами. При этом качество проектирования зависит от полноты нормативов и обоснованности используемых в расчетах характеристик прочности материалов, в том числе при объемных напряжениях в бетоне [1, 2]. С учетом интенсивности напряжений от проектных и запроектных аварийных воздействий (например расчет защитной оболочки АЭС на избыточное внутренне давление или падение самолета) при расчетах необходимо максимально эффективно использовать запасы прочности расчетных сечений. Одним из направлений развития указанного подхода является учет в расчетной модели увеличения прочностных и деформационных характеристик бетонов, возникающих в результате их работы в условиях объемного нагружения (также актуально для массивных и/или преднапряженных конструкций).

Способы учета изменения характеристик бетона в условиях объемного нагружения в малой степени отражены в основных нормативных документах. Так, например, в СП 63.13330.2018 (Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения) указано, что расчет необходимо выполнять с учетом критерия, выражающего предельные значения напряжений, действующих в трех перпендикулярных плоскостях. При этом расчетная диаграмма деформирования бетона дана только для одноосного однородного напряжения. В СП 41.13330.2012 (Бетонные и железобетонные конструкции

гидротехнических сооружений) учет изменения расчетных характеристик для бетонных конструкций осуществили за счет определения коэффициента условия работы (γ_{b5}), зависящим от параметров обжатия и коэффициента эффективной пористости, определяемого экспериментально.

В 2019 году было издано Методическое пособие (Автоматизированные методы расчета массивных железобетонных конструкций при объемном напряженном состоянии), которое дополняло существующую нормативную базу. Здесь за основу принят критерий прочности, разработанный Н.И. Карпенко [3].

В тоже время показано, что по результатам сравнения существующих критериев прочности с результатами испытаний бетонов [4] наиболее точным критерием прочности бетона для общего случая объемного напряженного состояния являются условие прочности J. Willam - E.P. Warnke. Данная модель заложена в основные программные комплексы для расчета железобетонных конструкций (Ansys, Abaqus, Midas) и успешно себя зарекомендовала при сравнении результатов с экспериментальными данными [5, 6].

Однако большинство исследований показывают, что критерии разрушения бетона зависят от множества факторов, в том числе от структуры самого бетона [4, 7, 8, 9] и требуют уточнения по результатам экспериментальных исследований. Для современных бетонов, используемых при сооружении АЭС, где зачастую используются самоуплотняющиеся бетонные смеси, отличающиеся применением крупного заполнителя малой фракции и большим содержанием цементного теста по сравнению с обычными тяжелыми бетонами, данные уточнения особенно важны. Это подтверждается проведением исследований физико-механических характеристик подобных бетонов при одноосном нагружении, верхняя и нижняя границы трещинообразования приближаются к прочности бетона [5].

В настоящее время отсутствует стандартизированная методика проведения испытаний бетонов в условиях трехосного нагружения, что приводит к сложностям в обработке полученных различными авторами результатов. Соответственно результаты настоящего исследования, направленные на выбор оптимальной методики проведения испытаний, являются актуальными и практически значимыми для развития существующих теорий и критериев прочности бетонов в условиях объемного нагружения. Апробация выбранной методики с учетом предложенного подхода по измерению деформаций будет использована по проведению экспериментальных исследований тяжелых бетонов в условиях объемного напряженно-деформированного состояния и рекомендуется для включения в нормативные документы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для выбора оптимальной методики экспериментальных исследований прочности бетонов в условиях объемного нагружения был выполнен анализ существующих исследований. Основными критериями оптимальности испытаний было обеспечение получения достоверных данных при минимальной трудоемкости и потребности в специализированных устройствах для нагружения и контроля напряженно-деформированного состояния в условиях трехосного нагружения.

К первому виду испытаний относятся испытания образцов кубов [4], помещенных в специальную установку, позволяющую с использованием двух гидравлических домкратов через стальные штампы передавать усилия бокового обжатия (σ_2, σ_3). Использование двух домкратов позволяет производить различные уровни нагружения в направлениях σ_2 и σ_3 . Продольное нагружение производят с использованием стандартного гидравлического пресса. Для предотвращения сил трения между образцом и штампом устанавливали слоистые прокладки, состоящие из слоев фольги (алюминий, медь) и антифрикционного материала (смазка). Измерение деформаций осуществляли по тензорезисторам, установленным в заранее подготовленные пазы (глубина около 3 мм) на поверхности образца, которые в последующем заполняли заподлицо с поверхностью специальными

составами. Дополнительно производят измерения деформаций по индикаторам перемещения, установленным через специальные приспособления по всем граням образца куба. К положительным сторонам данной методики можно отнести относительную простоту подготовки образца с высокой степенью достоверности результатов измерения деформаций при нагружении (производят измерение по двум независимым каналам – тензорезисторы и индикаторы), а также широкая номенклатура соотношения напряжений. Но высокая сложность изготовления оснастки, ее монтаж и требования к нагружающим приспособлениям значительно ограничивают возможность применения данной методики.

Ко второму виду испытания относится испытание призм или цилиндров продольным нагружением при ограничении поперечных деформаций за счет использования внешнего или внутреннего армирования [10]. В этом случае интенсивность бокового обжатия зависит от жесткости поперечного армирования, чаще всего обоймы в виде трубы. Нагружение производят через специальный поршень, который передает нагрузку на тело бетона внутри стальной облицовки. Увеличение продольных деформаций за счет коэффициента Пуассона приводит к расширению бетона. При этом стальная облицовка препятствуют этому расширению, создавая боковое обжатие. Измерение деформаций в этом случае производят с использованием индикаторов перемещения в продольном направлении и тензорезисторов, установленных на стальную облицовку в поперечном направлении. Достоинствами данного метода является относительная простота подготовки образцов. К недостаткам следует отнести вопросы устранения сил трения между бетоном и облицовкой и невозможность регулирования уровня обжатия вне зависимости от продольной нагрузки. Данный метод рекомендуется при исследовании свойств бетона в составе трубобетонных конструкций.

К третьему виду отнесем испытания с использованием гидромеханических установок [8]. Для испытаний используют образцы цилиндры, помещенные в камеры высокого давления, где боковые нагрузки прикладывают за счет увеличения давления масла внутри камеры, при этом $\sigma_2 = \sigma_3$. Продольные нагрузки прикладывают за счет установки образца в составе установки в пресс. Применение данной методики требует изготовления материалоемкого и массивного приспособления для создания бокового обжатия, но применение давления масла исключает силы трения при деформировании бетона, а также образование различных концентраторов напряжений при приложении бокового обжатия. Измерение продольных и поперечных деформаций осуществляют с использованием тензорезисторов, установленных на поверхность образца в продольном и поперечном направлении. Для предотвращения воздействия масла на бетон и тензорезисторы образец покрывают полиэтиленовой пленкой в несколько слоев.

К четвертому виду относится модернизированная версия гидромеханической установки, в которой боковое давление передается через мембраны за счет увеличения в них давления масла [2, 7]. Испытания производят на стандартных образцах призмах. Приложение нагрузки через гидравлические мембраны позволяет выровнять поля напряжения, по аналогии с третьим методом. При этом нет прямого контакта образца с маслом, а сама установка имеет более компактные размеры. Измерение деформаций производят с использованием тензорезисторов, установленных в продольном и поперечном направлении. Для защиты тензорезисторов от бокового давления мембран, а также для исключения сил трения образец призму покрывают слоем парафина, толщиной около 1 мм, а затем на образец через смазывающее вещество (литол) устанавливают чехол из бензиномаслостойкой резины. Данная установка также может быть использована для испытаний на осевое растяжение, ползучесть и приложения динамической продольной нагрузки. Принципиальная схема установки представлена на рисунке 1.

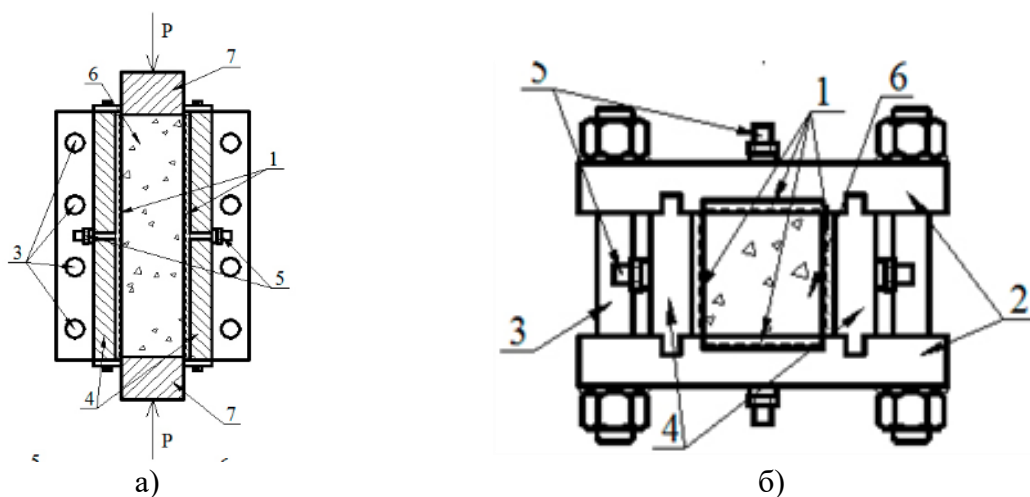


Рис. 1. Установка для проведения испытаний на объемное нагружение
а) общий вид; б) поперечный разрез

(1 – гидростатическая камера; 2 – основные несущие боковые стенки; 3 - силовые болты; 4- боковые несущие плиты; 5 – штуцер; 6 - бетонный образец; 7 – система осевого нагружения.)

С учетом предоставленной информации на основании анализа трудоемкости проведения испытаний и достоверности получаемых данных (на основании литературных сведений) было решено за основу принять четвертый вид испытаний с некоторой усовершенствованием системы измерения деформаций. Для отработки методики экспериментальных исследований была принята самоуплотняющаяся бетонная смесь, позволяющая получить бетон классом по прочности на сжатие В60, используемый при возведении защитной оболочки АЭС.

Испытания проводили на стандартных образцах призмах, размером $100 \times 100 \times 400$ мм. Для измерения деформаций использовали тензорезисторы, укладываемые внутрь бетонных образцов на стадии изготовления. Данный способ измерения деформаций был апробирован ранее [11] и хорошо себя зарекомендовал при проведении натурных испытаний железобетонных конструкций. Тензорезисторы базой 40 мм устанавливали на предварительно подготовленные пластинки толщиной 2 мм, изготовленные из эпоксидной смолы и песка с соотношением 1:4. После наклейки тензорезистор сверху покрывали тем же составом для защиты от влаги. Три пластинки объединяли в объемную тензорозетку с использованием цианакрилатного клея, которую при изготовлении призмы укладывали по направлению главных сжимающих напряжений (рис.2 а). Дополнительно на поверхность каждой грани образца в заранее подготовленные пазы были установлены тензорезисторы в продольном и поперечном направлении (рис.2 б). После установки пазы заделывали эпоксидно-песчаным составом заподлицо. Затем выполняли парафинирование образца и установку резинового чехла, как было принято в стандартной методике. Общий вид образца в установке представлен на рисунке 2 в.

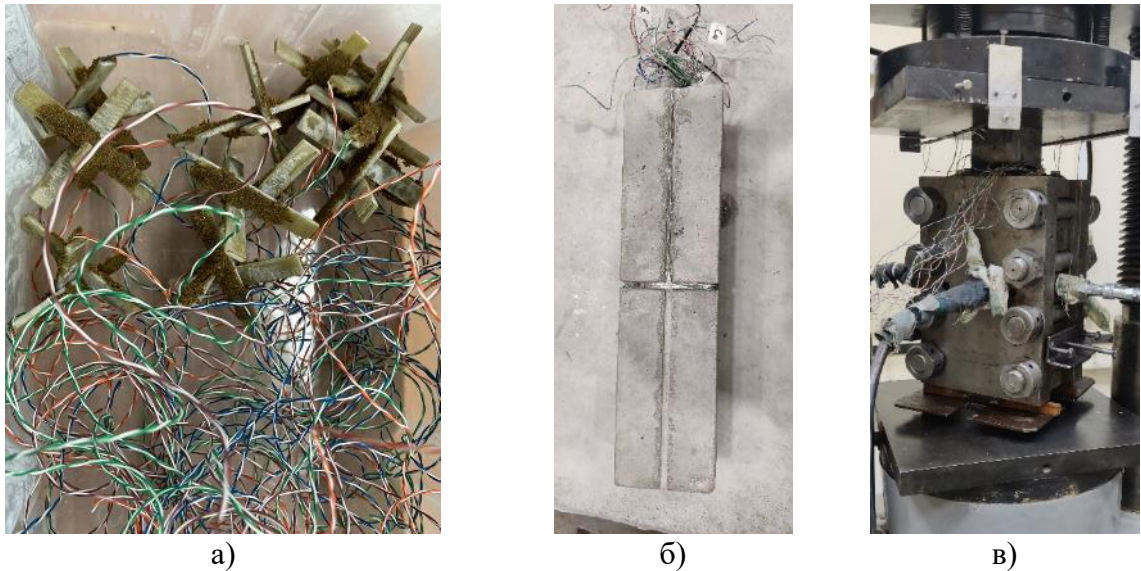


Рис. 2. Подготовка образца к проведению испытаний
 а) объемные тензорозетки; б) установка тензорезисторов; в) общий вид образца при нагружении

Нагружение производили по стандартной методике определения призмочной прочности бетона с приложением предварительного обжатия $\sigma_2 = \sigma_3 = 0,25 R_{пр}$, где $R_{пр}$ – призмочная прочность по результатам испытания на одноосное сжатие. Уровень обжатия приняли на основании предварительных расчетов защитной оболочки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для выбора характеристик испытательного оборудования прогнозируемую прочность бетона при трехосном сжатии при $\sigma_2 = \sigma_3$ можно оценить на основании исследований [3, 7] по формуле:

$$R_{3с} = R_{пр} + \alpha \cdot \sigma_3, \quad (1)$$

где $R_{3с}$ – прочность бетона при трехосном сжатии.

α - эмпирический коэффициент (для первого приближения принимаем приближённо равным 4).

Испытание проводили при величине бокового обжатия $\sigma_2 = \sigma_3 = 15$ МПа. Согласно формулы (1) ожидаемая разрушающая продольная нагрузка при трехосном сжатии будет составлять 121 тс (при значении призмочной прочности 61 МПа).

Нагружение образца производили по следующей методике с учетом требований ГОСТ 24452-80 (Бетоны. Методы определения призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона). Первоначально создали боковое обжатие интенсивностью 15 МПа. Нагрузку прикладывали поэтапно с шагом 5 МПа с выдержкой на каждом этапе по 3 минуты для регистрации деформаций быстронатекающей ползучести. После достижения требуемой величины бокового обжатия с шагом 10 тс (около 10 МПа) начали увеличивать продольную нагрузку. На каждом шаге также обеспечивали выдержку под нагрузкой в течении 3 минут.

В результате испытаний трех образцов близнецов установлено, что разрушающая продольная нагрузка составляет 115...122 тс, что соответствует $\sigma_1 = 115 \dots 122$ МПа. Разрушение образцов происходило внутри устройства для обжатия и характеризовалось неспособностью образца воспринимать продольную нагрузку - нагрузка снижалась при увеличении скорости подачи масла в поршень цилиндра. При этом в момент разрушения фиксировали кратковременное повышение давления в мембранах установки для обжатия, связанное с увеличением объема бетона в образце в результате трещинообразования.

Фактическая разрушающая нагрузка при трехосном нагружении соответствует ожидаемой, полученной по формуле (1).

Результаты измерения продольных и поперечных деформаций, полученных по поверхностным тензорезисторам (п) и глубинным тензорозеткам (в) представлены на рисунке 3. Установлено, что результаты поперечных деформаций имеют сходимость $\pm 10\%$. Продольные деформации показывают аналогичную сходимость при напряжениях ниже 60 МПа. При более высоком значении напряжения величины деформаций по внутренним датчикам начинают прирастать значительно интенсивней, чем по поверхностным, что может быть связано с влиянием подготовленных для установки поверхностных тензорезисторов пазов.

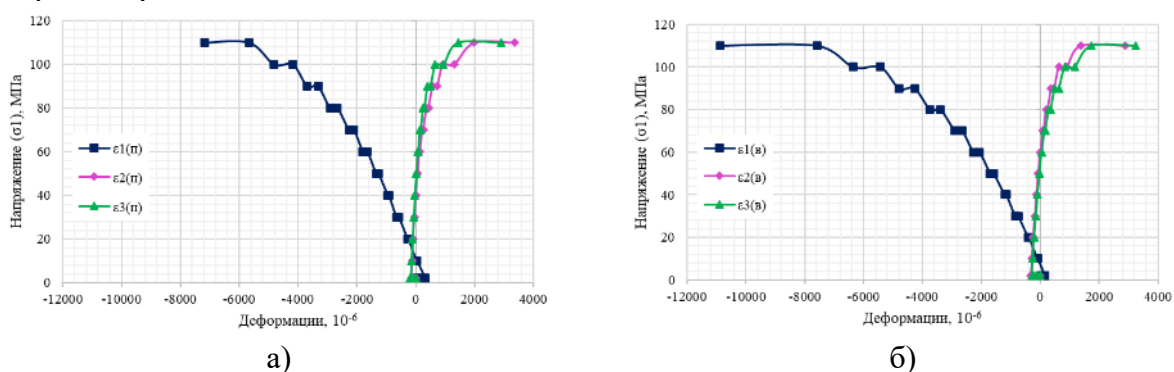


Рис. 3. Результаты измерения деформаций

а) по поверхностным тензорезисторам; б) по глубинным тензорезисторам

Результаты определения объемных деформаций (θ_v – по глубинным тензодатчикам; θ_n – по поверхностным тензодатчикам) представлены на рисунке 4. Здесь диаграмма θ_n изменяет направление при относительном уровне нагружения 0,9, что свидетельствует о достижении границы трещинообразования, т.е. дилатации материала (в результате образования микротрещин в структуре бетона его объемные деформации начинают увеличиваться). При этом по глубинным тензорезисторам подобная картина не наблюдается – происходит уменьшение объема материала вплоть до разрушения. Полученные результаты можно объяснить началом трещинообразования бетона с поверхностных слоев, в то время как ядро бетона остается целым.

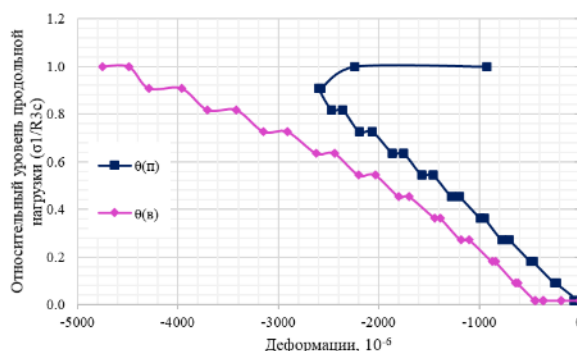


Рис. 4. Результаты измерения объемных деформаций

ВЫВОДЫ

В результате выполненной работы можно сделать следующие основные выводы.

1. Выполнен анализ существующих методик испытания бетонов в режиме объемного нагружения. Установлено, что наиболее оптимальной для требуемых для конструкций защитной оболочки сочетаний напряжений является методика с использованием установок, обеспечивающих боковое обжатие за счет мембран с маслом (Рис.1). Данная установка позволяет проводить испытания не только при продольном сжатии, но и растяжении, а также при длительно-действующей и динамической нагрузках.

2. Даны предложения по усовершенствованию способа измерения деформаций при проведении испытаний, при котором внутрь бетона при изготовлении образца устанавливают объемные тензорозетки. Для дополнительного контроля деформаций следует также устанавливать тензорезисторы на поверхность образца, защищая их от внешнего воздействия за счет покрытия слоем парафина. В тоже время парафин защищает контактные провода тензорезисторов. Устройства пазов для тензорезисторов не рекомендуется, т.к. возникает неоднородное напряженно-деформированное состояние на поверхности образца. При этом измерение деформаций следует проводить в трех сечениях по высоте образца призмы для возможности исследования большего объема материала.

3. В результате экспериментальных исследований показана эффективность предложенного способа усовершенствования методики испытаний на объемное нагружение. Ожидаемую разрушающую нагрузку рекомендуется определять по формуле (1). Определение объемных деформаций в процессе проведения исследований позволяет оценить границы трещинообразования. Установлено, что для исследуемого бетона уровень нагрузки, соответствующий первой и второй границам трещинообразования практически совпадает и равен около 0,9. Аналогичные результаты получены для данного бетона при испытании одноосной нагрузкой.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы статьи выражают благодарность научному сотруднику НИУ МГСУ Безгодову И.М. за помощь в организации проведения экспериментальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Тябликов Б.В.* Прочность и деформативность бетона массивных конструкций при одноосном сжатии. Дис. ... канд. технические науки: 05.23.01. - М.: РГБ, 2007. 306с.
2. *Малашкин Ю. Н., Безгодов И.М.* Оценка предельных состояний бетона при двухосном сжатии // Материалы конференций и совещаний по гидротехнике «Предельные состояния бетонных и железобетонных конструкций энергетических сооружений» – Л.: 1982 – С. 183-188.
3. *Карпенко Н.И.* Общие модели механики железобетона. -М.: Стройиздат, 1996. 416 с.
4. *Недорезов А.В.* Деформации и прочность железобетонных элементов при сложных режимах объемного напряженного состояния. Дис. ... канд. технические науки: 05.23.01. - Магеевка: РГБ, 2018. 229с.
5. *Красновский Р.О., Капустин Д.Е., Зейд Килани Л.З.* Верификация расчетной модели железобетонных конструкций с комбинированным армированием при работе на осевое сжатие // Инженерный вестник Дона. №12. 2022. Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2022/8061>
6. *Красновский Р.О. Капустин Д.Е., Зейд Килани Л.З.* Напряженно-деформированное состояние изгибаемого железобетонного элемента с несъемной сталефибробетонной опалубкой // Известия вузов. Строительство. 2021. №2. С. 41-51.
7. *Безгодов И.М.* Критерии длительной прочности и физически нелинейные уравнения деформирования бетона при сложных напряженных состояниях. Бетон и железобетон - пути развития. Научные труды 2-й Всероссийской (международной) конференции по бетону и железобетону. М.:2005. Т.2., С.334-341
8. *Жиренков А.Н.* Деформирование и прочность обычного тяжелого бетона при сложном напряженном состоянии. Автореферат канд. дис. М.: 2009. 28с.
9. *Korsun V. Y. Kalmykov, A. Niedoriezov, A. Korsun* The Influence of the Initial Concrete Strength on its Deformation under Triaxial Compression // Procedia Engineering. – 117 (2015) – pp. 959-969.
10. *Арленинов П. Д., Крылов С.Б., Донов А.В.* Экспериментальное моделирование трехосного сжатия бетона при проведении испытаний на ползучесть / // Гидроэнергетика. Гидротехника. Новые разработки и технологии: Доклады и выступления. – Санкт-Петербург: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники им. Б.Е. Веденеева, 2018. – С. 103-109.
11. *Ермаков В.А., Капустин Д.Е., Федоров М.В.* Контроль напряженно-деформированного состояния внутри железобетонных конструкций // Журнал "БСТ". №1. 2019. С.62-64.

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ БЕТОНА СО СПИРАЛЬНЫМ АРМИРОВАНИЕМ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Г.П. Тонких¹, И.А. Аверин²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹5059144@mail.ru

²averinia@inbox.ru

Аннотация

В связи с постоянно растущими требованиями к надежности и безопасности строительных конструкций, разработка новых материалов, технологий и конструктивных решений становится особенно актуальной. Одним из новых и перспективных подходов является использование бетона со спиральным армированием, которое имеет ряд преимуществ, включая снижение общего веса конструкции, повышения энергоемкости и деформативности.

Целью статьи является изучение несущей способности, деформативности, энергоемкости сжатых железобетонных конструкций со спиральным армированием. Экспериментально-теоретические исследования показали, что применение железобетонных конструкций со спиральным армированием позволит значительно увеличить их деформативность и энергоемкость. В данной работе представлены результаты анализа экспериментальных исследований НДС образцов призм 100 x 100 x 400 мм из бетона классов В20 и В40 со спиральным армированием с различным шагом витков и диаметром арматуры.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема защиты различных промышленных и гражданских объектов от сейсмических и динамических воздействий высокой интенсивности является одной из важнейших при проектировании с учетом особых группы предельных состояний. Традиционные конструктивные схемы железобетонных конструкций, обеспечивающих защиту таких объектов от высокоинтенсивных динамических нагрузок, реализуют общие подходы к армированию железобетонных элементов. Для создания высокой несущей способности в рамках традиционных методик армирования требуются развитые сечения железобетонных защитных конструктивных элементов, что приводит к высокой материалоемкости. При этом энергоемкость таких защитных конструкций имеет прямую зависимость от размеров сечения.

В мировой практике строительства накоплен значительный опыт разработки инженерных решений по повышению прочностных характеристик железобетонных конструкций за счет повышения класса прочности бетона, использования высокопрочной арматуры, применения композитных материалов, увеличения сечения конструкций и т.п. Однако, все эти методы реализуют традиционные принципы повышения несущей способности (увеличение сечения продольного и поперечного армирования, увеличение размеров сечений конструкций и т.п.), что приводит к значительным финансовым затратам и повышению трудоемкости работ.

Состояние экономики строительства сооружений, которые могут быть подвержены интенсивным динамическим и сейсмическим воздействиям, ставит задачу разработки новых видов железобетонных конструкций, основанных на принципах поглощения и рассеивания энергии, что позволит создавать конструкции меньших размеров с меньшей материалоемкостью, но обладающих повышенной несущей способностью в условиях особого предельного состояния.

В данной статье рассматривается новый тип конструктивного решения армирования железобетонных конструкций с использованием спиральной арматуры. При армировании

таким способом у железобетонной конструкции увеличивается несущая способность и, что особенно важно, деформативность, включая пластическую фазу деформирования [2, 6], за счет особых условий трехосного сжатия бетона внутри спирали. При оптимальном армировании спиралями железобетон повышает несущую способность [1, 2, 7], получает качественно новые деформативные свойства и энергоемкость, а также является более экономичным.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На базе лаборатории НИУ МГСУ проведено испытание призм размерами 100x100x400 мм и 200x200x800 мм из бетона различной прочности В20 и В40, армированных спиралями из арматуры класса А240, диаметром 3, 6 и 8 мм с шагом витков спирали равным 30, 50 и 100мм. Результаты данных экспериментов отражены в статье [4]. Серии призм приведены в табл. 1.

Табл. 1 – Таблица образцов для испытаний.

Номер серии	Шифр серии	Размер, мм	Класс бетона	Спиральное армирование, Ø	Шаг спирали, мм	Кол-во, шт.
1 этап						
1	П-20	100x100x400	В20	-	-	5
2	П-40	100x100x400	В40	-	-	5
3	П-20-3-50	100x100x400	В20	Ø3 А240	50	5
4	П-20-6-30	100x100x400	В20	Ø6 А240	30	5
5	П-20-6-50	100x100x400	В20	Ø6 А240	50	5
6	П-20-6-100	100x100x400	В20	Ø6 А240	100	5
7	П-20-8-50	100x100x400	В20	Ø8 А240	50	5
8	П-40-8-50	100x100x400	В40	Ø8 А240	50	5
9	П-40-6-50	100x100x400	В40	Ø6 А240	50	5
10	П2-20	200x200x800	В20	-	-	5
11	П2-20-6-50	200x200x800	В20	Ø6 А240	50	5
12	П2-20-8-20	200x200x800	В20	Ø8 А240	50	5

Для образцов со спиральным армированием арматура навивалась на токарном станке на форму с заданным шагом. На рис. 1 представлена серия спиралей из арматуры Ø8. Для измерения деформаций на арматуру наклеивались тензометрические датчики ВF/ВНF120-1АА 120 Ом длиной 3,5 мм, изолированные герметиком, по 4 датчика на одну спираль.

Деформация спиралей от тензометрических датчиков записывалась с помощью системы измерения деформаций MTS FlexDAC.

Испытания продолжались до полной потери устойчивости или несущей способности призм с записью нагрузки и деформаций в ручном режиме с помощью индикаторов часового типа каждые 30 кН, а также автоматически на машине для испытаний.



Рис. 1. Серия образцов 100x100x400 мм со спиральным армированием перед бетонированием.

Общий вид призм перед экспериментом, с установленными датчиками для измерения продольных и поперечных деформаций, представлен на рис. 2. Программа проведения испытаний описана в ранее опубликованной статье.



Рис. 2. Образец 100x100x400 мм перед испытанием.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ниже приведены результаты проведенного эксперимента. На рис. 3, 4, 5, 6 отражены графики продольных и поперечных деформаций для призм. В табл. 2 представлены сводные характеристики образцов.

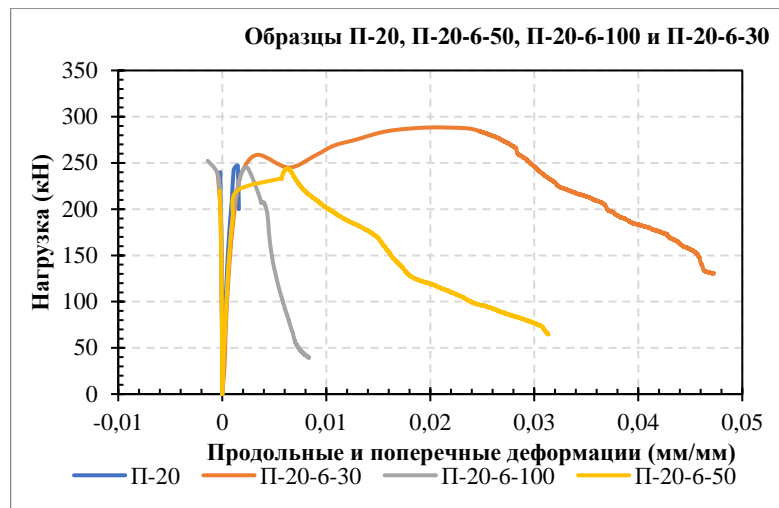


Рис. 3. Графики зависимости продольных деформаций от нагрузки образцов П-20, П-20-6-30, П-20-6-100, П-20-6-50.

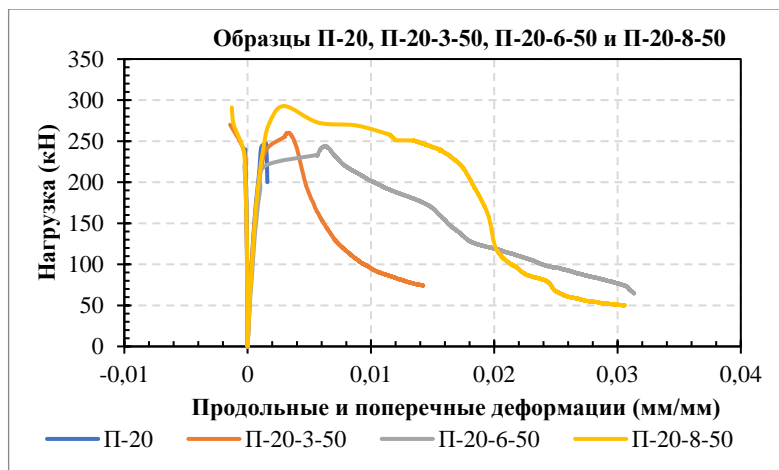


Рис. 4. Графики зависимости продольных и поперечных деформаций от нагрузки образцов П-20, П-20-3-50, П-20-6-50, П-20-8-50.

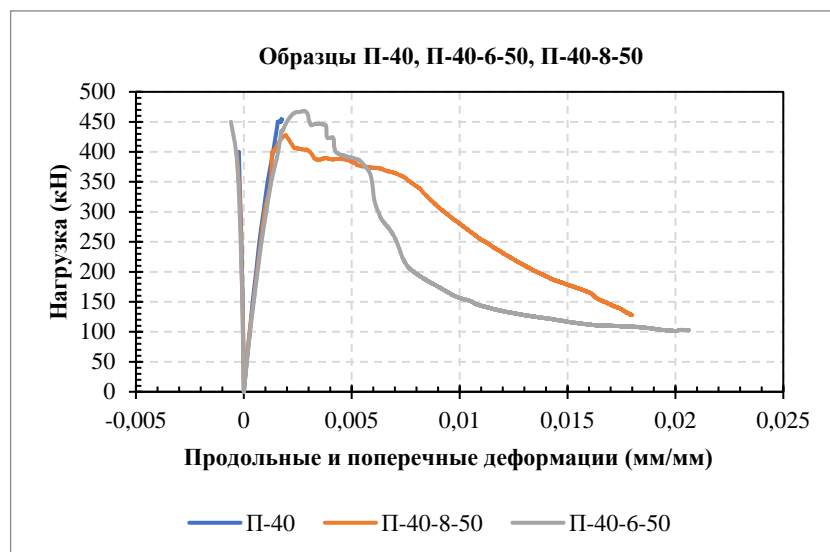


Рис. 5. Графики зависимости продольных и поперечных деформаций от нагрузки образцов П-40, П-40-6-50, П-40-8-50..

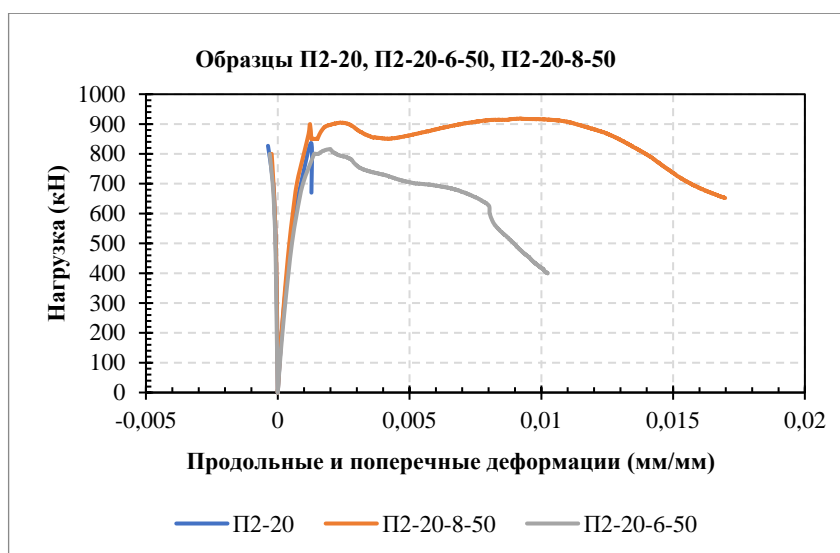


Рис. 6. Графики зависимости продольных и поперечных деформаций от нагрузки образцов П2-20, П2-20-6-50, П2-20-8-50.

Табл. 2 – Сводная таблица характеристик призм.

Шифр образца	Относительные продольные деформации, мм/мм	Относительные поперечные деформации, мм/мм	Максимальная нагрузка, Кн	μ , коэффициент Пуассона, мм/мм	Энергоемкость, (кгс·м)/м
П-20	0,0016	0,00019	247	0,170	$2,74 \cdot 10^6$
П-20-6-30	0,0473	0,00046	288	0,265	$112,0 \cdot 10^6$
П-20-6-50	0,0313	0,00026	243	0,253	$56,6 \cdot 10^6$
П-20-6-100	0,0084	0,00139	244	0,222	$12,1 \cdot 10^6$
П-20-3-50	0,0142	0,000337	260	0,191	$20,7 \cdot 10^6$
П-20-8-50	0,0306	0,00128125	292	0,246	$56,6 \cdot 10^6$
П-40	0,0026	0,000229167	490	0,169	$8,71 \cdot 10^6$
П-40-6-50	0,0206	0,000598333	468	0,226	$42,2 \cdot 10^6$
П-40-8-50	0,0180	0,0003375	427	0,261	$50,4 \cdot 10^6$
П2-20	0,001276667	0,000370234	836	0,193	$6,7756 \cdot 10^6$
П2-20-6-50	0,010243357	0,000306175	815	0,224	$71,5852 \cdot 10^6$
П2-20-8-50	0,016975081	0,000230478	902	0,232	$192,8809 \cdot 10^6$

На основании проведенного анализа можно получить зависимости энергоемкости образцов от диаметра арматуры и шага витков спирали (рис. 7). Проведенный анализ результатов испытаний образцов разных размеров подтверждает основной вывод о том, что спиральное армирование качественным образом меняет деформативность бетона. Кроме этого, подтверждается тот факт, что с увеличением диаметра арматуры спиралей увеличивается энергоемкость образцов при нагружении, что наиболее ярко выражено у образцов с размерами 200x200x800 мм. (рис. 8).

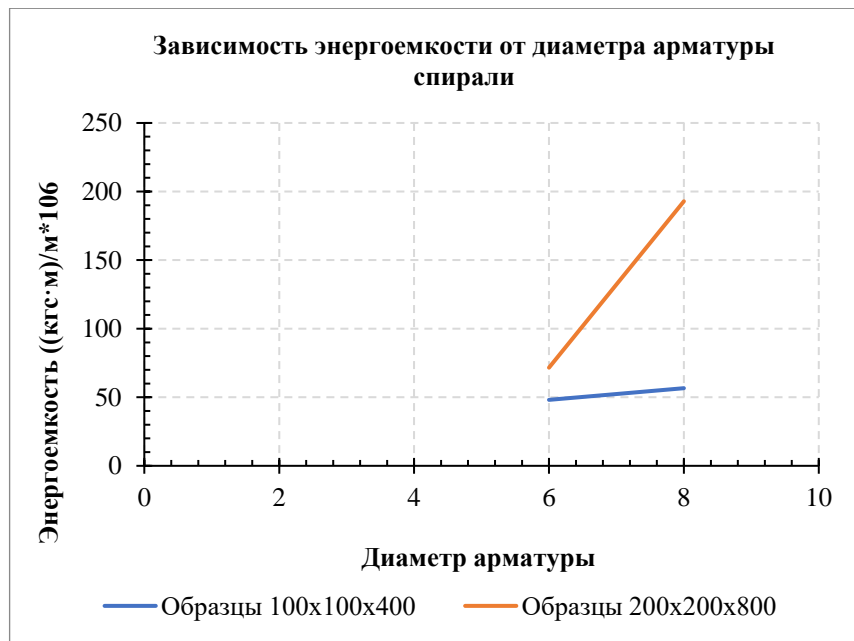


Рис. 7. График зависимости энергоемкости от диаметра арматуры образцов 100x100x400 мм и 200x200x800 мм.

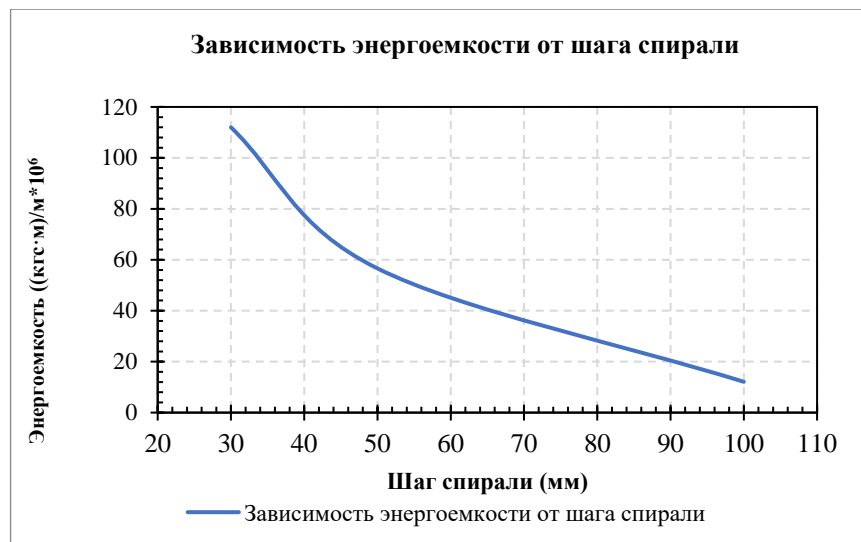
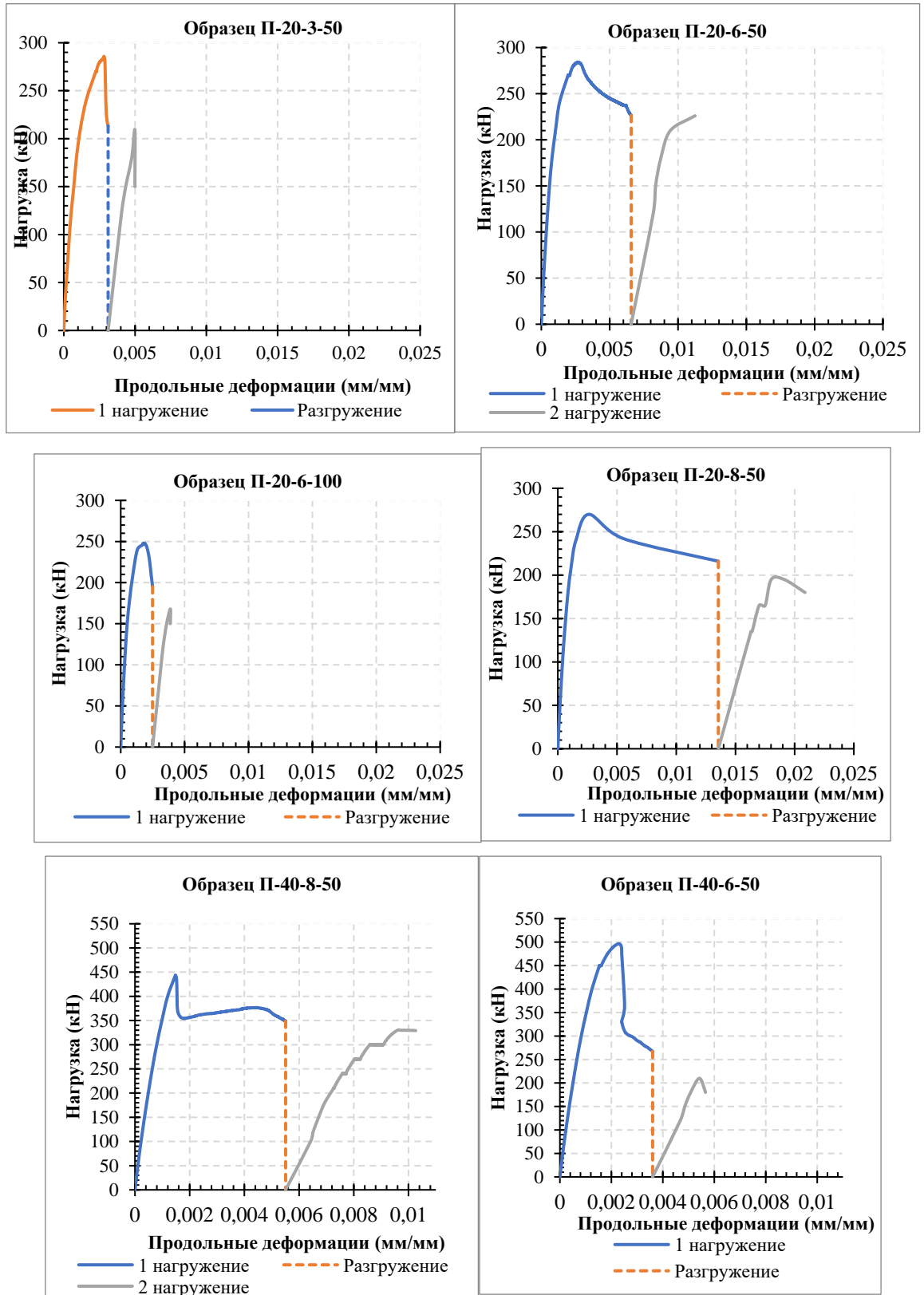


Рис. 8. График зависимости энергоемкости от шага спиралей образцов 100x100x400 мм.

На основании полученных экспериментальных данных можем увидеть пропорциональную связь между диаметром арматуры спирали и ее энергоемкостью, и обратно пропорциональную связь для шага витков спирали и энергоемкостью. Для шага витков спирали 30 мм энергоемкость имеет максимальное значение среди исследуемых образцов и составляет $112,0 \cdot 10^6$ (кгс·м)/м, для шага 50 мм – $56,6 \cdot 10^6$ (кгс·м)/м, и наименьшее значения для шага 100 мм – $12,1 \cdot 10^6$ (кгс·м)/м. Для диаметра спиральной арматуры 8 мм достигается наибольшее значение по энергоемкости – $56,5 \cdot 10^6$ (кгс·м)/м, для 6 мм – $48,11 \cdot 10^6$ (кгс·м)/м, наименьшее значение соответственно у спирали диаметром 3 мм – $20,7 \cdot 10^6$ (кгс·м)/м.

В рамках данного исследования также были проведены испытания по определению остаточной несущей способности спирально-армированного бетона на участке ниспадающей ветви диаграммы «нагрузка-деформация». Для этого на ниспадающем участке диаграммы, после снижения нагрузки до 0,6 - 0,8 от максимального значения, образец полностью разгружался. После выдержки в течение 5 минут без нагрузки образец повторно нагружался ступенями с шагом 30 кН. Во всех случаях, для образцов из бетона В20 и В40, образцы воспринимали нагрузку практически равную 0,8 от максимального

значения, что свидетельствует о сохранении прочностных свойств образцов со спиральным армированием даже при работе на участке ниспадающей ветви диаграммы «нагрузка-деформация» (рис. 9).



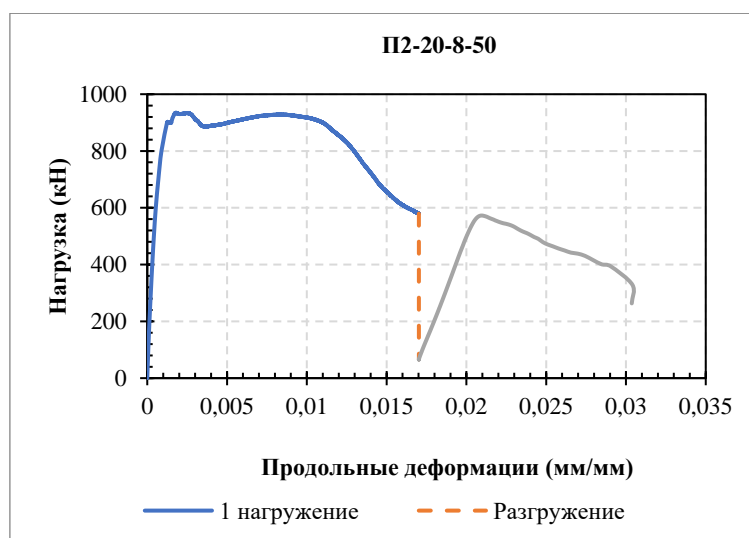


Рис. 9. Графики зависимости деформаций от нагрузки образцов

Из проведенного сравнения видно, что наибольший эффект повышения прочности и деформативности достигается при увеличении диаметра арматуры спиралей, что соответствует увеличению эффекта стесненных деформаций бетона при сложно-напряженном состоянии бетона внутри спиралей. Так же на характеристики образцов влияет шаг спирали. Проведенный анализ результатов испытаний образцов разных размеров подтверждает основной вывод о том, что спиральное армирование качественным образом меняет деформативность бетона.

На основании анализа всех вышеуказанных данных установлено, что наиболее эффективным видом спирального армирования образцов является спираль с шагом 50 мм из арматуры диаметра 8 мм.

ВЫВОДЫ

1. Спиральное армирование повышает несущую способность образцов в среднем на 10 – 20 %, однако приводит к качественному повышению деформативных характеристик бетона, в том числе энергоемкости в 20 – 40 раз, по сравнению с не армированным бетоном, что позволит существенно повысить несущую способность и сейсмостойкость зданий и сооружений при действии сейсмических и высокоинтенсивных динамических нагрузок.

2. Проведенные испытания показали, что коэффициент поперечных деформаций (коэффициент Пуассона) при спиральном армировании увеличивается в среднем от 20 до 40%, что подтверждает большую пластичность бетона, находящегося в сложно-напряженном состоянии внутри спиралей.

3. Спиральное армирование позволяет сохранить остаточную несущую способность образцов на участке ниспадающей ветви диаграммы «нагрузка-деформация» до уровня 50% от максимальной несущей способности.

4. Для более детального исследования напряженно-деформированного состояния сжатых конструкций армированных спиральной арматурой планируется проведение испытаний внецентренно сжатых с малыми эксцентриситетами колонн с сечением 400 x400 мм и высотой 2400 мм при статическом нагружении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hadi M., Elbasha N. Displacement ductility of helically confined HSC beams // The Open Construction and Building Technology Journal, – 2008. – № 2. – Pp. 270-279.
2. Tasuji, M. E. Stress-strain response and fracture of concrete in biaxial loading [Текст] // ACI Journal. – 1978. – V.75 – №7–pp. 306-312
3. Гениев, Г. А. Теория пластичности бетона и железобетона [Текст] // М.: Стройиздат, 1974. – 316 с.
4. Кабанцев О.В., Тонких Г. П., Симаков О.А., Аверин И.А., Какуша В.А. Результаты экспериментальных исследований образцов из бетона различной прочности со спиральным армированием // Сейсмостойкое

- строительство. Безопасность сооружений / Earthquake Engineering. Constructions Safety – 2023; 5: 24–38
5. Карпенко, Н. И. Общие модели механики железобетона [Текст] // Стройиздат, 1996. – 416 с.
 6. Корсун, В. И. Об особенностях испытаний бетона при одноосных напряженных состояниях в условиях температурных воздействий [Текст] // Вестник ДонГАСА. – Макеевка. – 2003. – Т. 1. – С. 198-201
 7. Тонких Г.П., Алексашкин А.Н., Курбацкий Е.Н. Экспериментальные исследования железобетонных конструкций со спиральным армированием. // Научно–техническая конференция «Сейсмостойкость крупных транспортных сооружений в сложных инженерно-геологических условиях» – с.173

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ МОНОЛИТНОГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

В.И. Римшин¹, И.С. Кузина², Е.С. Кецко³, Д.А. Соляников⁴

^{1,2,4}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

³ Научно-исследовательский институт строительной физики, НИИСФ РААСН.

¹*v.rimshin@mgsu.ru*

²*ms.kuzina01@mail.ru*

³*kkuzina@mail.ru*

⁴*solyanikov.d@bk.ru*

Аннотация

В представленной статье изложена методика поверочного расчета фундаментной плиты монолитного 7-этажного жилого здания для предотвращения разрушения при действии силовых воздействий в процессе строительства и расчетного срока эксплуатации. В рамках настоящего исследования выполнены следующие работы: анализ конструктивных решений здания, составление расчетной модели каркаса здания, расчет на продавливание фундаментной плиты при действии сосредоточенной силы и изгибающего момента в двух взаимно перпендикулярных направлениях, сравнительный анализ относительной расчетной разности осадок фундаментной плиты. Расчет несущих элементов здания выполнялся при помощи программного комплекса ЛИРА методом конечных элементов. Фундаментная плита моделировалась элементами плоской оболочки, имеющими все шесть степеней свободы в узле. Все вычисления проводились с учётом требований строительных норм и правил Российской Федерации.

ВВЕДЕНИЕ

Проектируемый объект представляет собой семиэтажное здание с мансардой, состоящий из 5 секций: 1 торцевой, 3 рядовых и 1 угловой секций, разработанных по индивидуальному проекту. На первом этаже размещены вестибюльные группы помещений жилой части со входом со стороны двора. На верхних этажах находятся жилые помещения (квартиры) с местами общего пользования – коридорами, лифтами, лестничной клеткой. Земельный участок под строительство многоэтажного 5-секционного жилого дома располагается в Московской области. На рисунке 1 представлена расчётная модель каркаса [1-3].

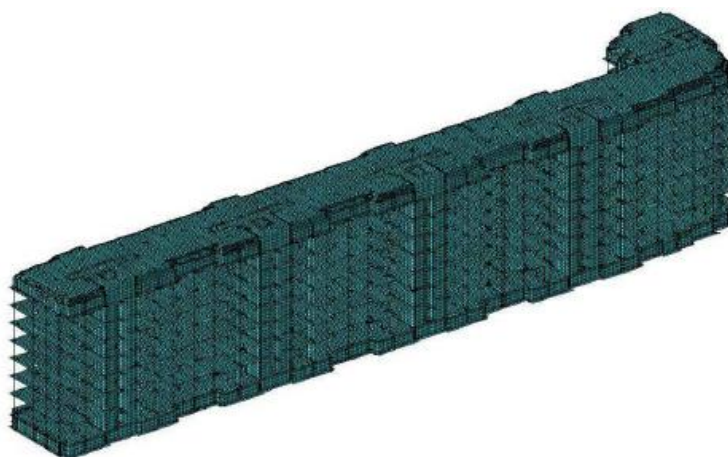


Рис. 1. Расчетная схема здания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Каркас здания составляют монолитные железобетонные колонны, размером 250х500 мм., монолитные железобетонные стены лестнично-лифтовых узлов толщиной 180 мм и монолитные безбалочные перекрытия толщиной 160 мм.

Фундамент - монолитная железобетонная плита толщиной 350 мм.

Принятые материалы: бетон класса В25, марок W4, F50.

Нижний уровень фундаментной плиты армируется $\varnothing 20$ А500С с шагом 200 мм, верхний - $\varnothing 18$ А500С с шагом 200 мм.

Строительные работы по устройству фундаментов ведут в сухом котловане. При этом нельзя допустить нарушения природной структуры грунтов основания. Под фундаментной плитой устраивается щебеночно-песчаная подушка толщиной 150 мм и бетонная подготовка из бетона толщиной 100 мм.

Глубина заложения фундамента 1,4-1,5 м. Абсолютная отметка нуля принята 152,250. В качестве основания фундаментной плиты приняты ИГЭ-2 и ИГЭ-3 суглинки тугопластичные и полутвердые. Прочностные и деформационные характеристики грунта представлены в таблице 1 [4-6].

Табл. 1. Прочностные и деформационные характеристики грунта.

Плотность	Удельное сцепление	Угол внутреннего трения	Модуль деформации	Коэффициент пористости
ρ , г/см ³	C, кПа	ϕ , градус	E, МПа	e, д.е.
16,8-19,8	0-16	17-28	24	0,47-0,58

Величина расчётного сопротивления грунта основания - 34,6 т/м². При этом максимальное давление на грунт под их подошвой составляет - 10,5 т/м². Максимальная расчётная величина осадки - 0,5 см, относительная разность осадок 0,00004.

Обратную засыпку пазух производят песком средней крупности с послойным уплотнением при оптимальной влажности после монтажа всех фундаментов и выполнения гидроизоляции и прижимных стенок [7].

Наружные стены – несущие, слоистой конструкции толщиной 525 мм, поэтажно опирающиеся на плиты перекрытий. Конструкция стен надземной части:

- затирка цементно-песчаным раствором – 5 мм;
- внутренний слой – ячеистобетонные блоки - 250 мм;
- наружный слой - из клинкерного кирпича.

Вокруг здания предусматривается отмостка, выполняемая в построечных условиях из бетона или асфальтобетона по щебеночной подготовке, шириной 1000 мм с уклоном от здания.

Монолитные железобетонные стены лестнично-лифтовых узлов толщиной 180 мм армированы $\varnothing 12$ А500С с шагом 200 мм.

Перекрытия - безбалочные, из монолитного железобетона (бетон класса В25), толщиной 160 мм, армированные $\varnothing 12$ А500С с шагом 200 мм. в двух уровнях. По контуру наружных стен в плите перекрытия проектируются терморазъёмы 150х600 мм с шагом 750 мм. Терморазъёмы в плитах перекрытия заполняются вкладышами из экструдированного пенополистирола.

Шахты лифтов - монолитные железобетонные из бетона класса 25.

Лестничные марши выполнены из монолитного железобетона с армированием $\varnothing 12$ А500С с шагом 200 мм в двух уровнях.

Кровля скатная из монолитного железобетона класса В25 толщиной 160 мм., с армированием $\varnothing 12$ А500С с шагом 200 мм [8-10].

На основании принятых конструктивных решений был выполнен ряд основных расчётов. Все расчёты проводились с учётом требований строительных норм и правил, действующих на территории России. Несущие конструкции рассчитаны на силовые

воздействия по методу конечных элементов с помощью программного комплекса ЛИРА. При составлении расчетной модели использовались следующие предпосылки:

1. В расчетную модель каркаса вводились только несущие конструктивные элементы. Считалось, что поэтажно опертые наружные стены, а также перегородки не участвуют в работе каркаса, и лишь создают дополнительные нагрузки на плиты перекрытий.

2. Плоские плиты перекрытий и покрытия, фундаментную плиту, а также несущие стены и пилоны моделировались элементами плоской оболочки, имеющими все шесть степеней свободы в узле.

3. При моделировании колонны представлялись стержневыми конечными элементами общего вида, жестко сопряженными с элементами плит перекрытий, покрытия и фундаментной плитой. Пилоны моделировались оболочечными элементами.

4. Ветровая нагрузка прикладывалась в виде линейной равномерно-распределенной по пилонам расчетной схемы [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В рамках настоящего исследования были проверены все конструкции здания для предотвращения разрушения при действии силовых воздействий в процессе строительства и расчетного срока эксплуатации расчетом по I группе предельных состояний. В данной статье приведены результаты расчета на продавливание фундаментной плиты при действии сосредоточенной силы и при действии сосредоточенной силы и изгибающего момента в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Расчет плиты на продавливание при действии сосредоточенной силы:

В максимально нагруженной колонне возникают незначительные моменты (0.003 тм), моментами пренебрегаем в расчете и выполняем расчет только на максимальную сосредоточенную силу.

$F \leq F_{b,ult}$, где F – сосредоточенная сила от внешней нагрузки.

Максимальная нагрузка от колонн каркаса здания составляет $F = 152 \text{ т} = 1491 \text{ кН}$.

$$F_{b,ult} = R_{bt} * u * h_o,$$

где R_{bt} – растяжение осевое бетона, при классе бетона по прочности В35

$$R_{bt} = 1,3 \text{ МПа} = 13,3 \text{ кг/см}^2;$$

u – периметр контура расчетного поперечного сечения, расположенного на расстоянии $0,5h_o$ от границы площадки опирания сосредоточенной силы F .

$$u = 330 \text{ см} = 3,33 \text{ м};$$

h_o – рабочая высота плиты

$$h_o = 45 \text{ см при толщине } 50 \text{ см и минимальном защитном слое } 40 \text{ мм.}$$

Соответственно:

$$F_{b,ult} = 13,3 * 330 * 45 = 197,5 \text{ т} = 1937 \text{ кН.}$$

Несущая способность железобетонной фундаментной плиты на продавливание обеспечена:

$$F = 1491 \text{ кН} \leq F_{b,ult} = 1937 \text{ кН} [12-14].$$

Расчет плиты на продавливание при действии сосредоточенной силы и изгибающего момента в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Проверка несущей способности железобетонной фундаментной плиты выполняется по формуле:

$$F/F_{b,ult} + M_x/M_{bx,ult} + M_y/M_{by,ult} \leq 1,$$

где $F_{b,ult} = 1937 \text{ кН}$,

В колонне $E/5s$ возникают усилия:

$$F = 785 \text{ кН};$$

$$M_x = 4903 \text{ н*м};$$

$$M_y = 16475 \text{ н*м};$$

M_x и M_y – изгибающие моменты в направлениях осей X и Y от внешней нагрузки.

$M_{by,ult}$ и $M_{bx,ult}$ - предельные изгибающие моменты в направлениях осей X и Y, которые могут быть восприняты бетоном в расчетном поперечном сечении при из раздельном действии.

Предельный изгибающий момент вычисляется по формуле:

$$M_{b,ult} = R_{bt} * W_b * h_0,$$

где W_b – момент сопротивления расчетного контура поперечного сечения определяемое по формуле

$$W_b = (a + h_0) * \left(\frac{a+h_0}{3} + b + h_0 \right),$$

$$W_{bx} = (25 + 45) * \left(\frac{(25 + 45)}{3} + 50 + 45 \right) = 8283 \text{ см}^2;$$

$$W_{by} = (50 + 45) * \left(\frac{(50 + 45)}{3} + 25 + 45 \right) = 9658 \text{ см}^2.$$

Следовательно

$$M_{bx,ult} = 13,3 * 8283 * 45 = 4957375,5 \text{ кг * см} = 486152 \text{ Н * м},$$

$$M_{by,ult} = 13,3 * 9658 * 45 = 5780313 \text{ кг * см} = 566855 \text{ Н * м}.$$

$$\frac{785}{1937} + \frac{4903}{486152} + \frac{16475}{566855} = 0,41 + 0,01 + 0,029 = 0,45 \leq 1$$

условие выполняется.

По результатам расчетов несущая способность железобетонной фундаментной плиты толщиной 500 мм на продавливание в местах опирания колонн каркаса обеспечена [15-16].

Для защиты фундаментов от атмосферных осадков предусматривается устройство вокруг здания асфальтовой отмостки шириной 1000 мм с уклоном. Асфальтовое покрытие укладывается на щебеночное основание. Для защиты подвала от грунтовых вод используется бетон с повышенным уровнем водонепроницаемости W6. Также в основании фундаментной плиты выполнена подготовка из щебня 200 мм, из песка 100 мм. На подготовленное основание раскатывается рулонная гидроизоляция в 2 слоя. Для стен подвала используется рулонная гидроизоляция в 2 слоя.

В программном комплексе ЛИРА был произведен расчет монолитных конструкций здания совместно с грунтовым массивом. На рисунке 2 представлена расчётная схема здания с просадкой на грунт.

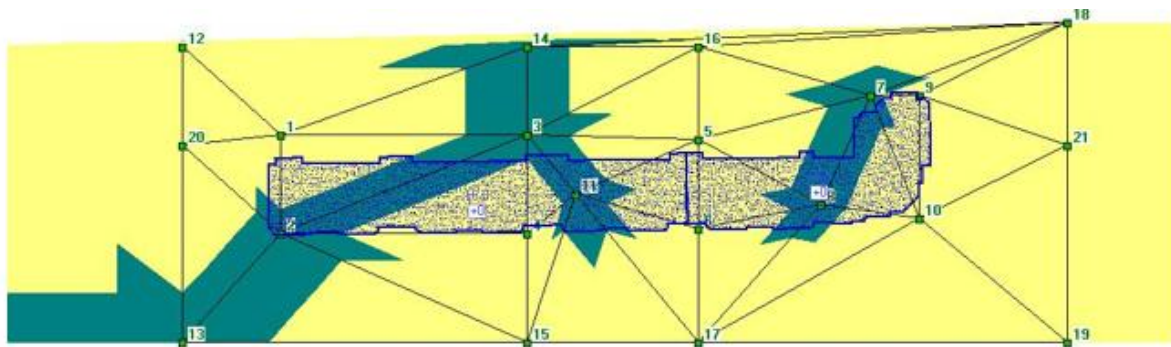


Рис. 2. Расчетная схема здания с просадкой на грунт.

Анализ осадок производится для здания на грунте. Вычисления проведены от действия нормативных нагрузок. На рисунках 3-6 представлен расчет осадки точек фундаментной плиты. Выполнен сравнительный анализ относительной расчетной разности осадок, которые меньше или равны допустимой, равной 0,003 [17-18].

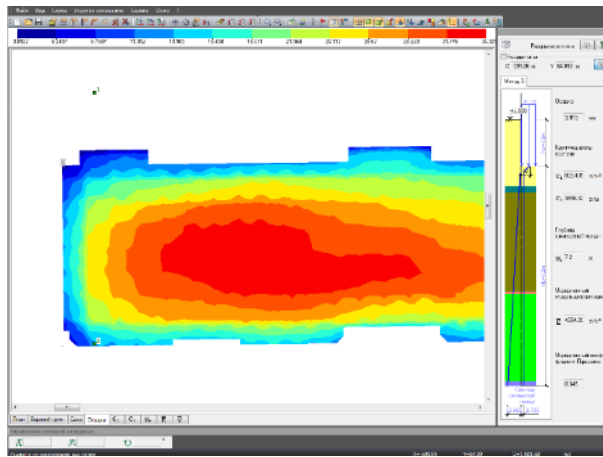


Рис. 3. Осадка в точке 1.

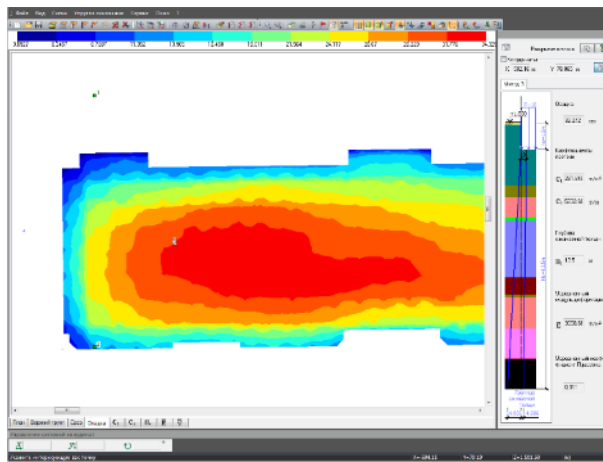


Рис. 4. Осадка в точке 2

Относительная расчетная разность осадок составляет:

$$\Delta S/L = (32,272 - 3,919)/12200 = 0,002 \leq 0,003.$$

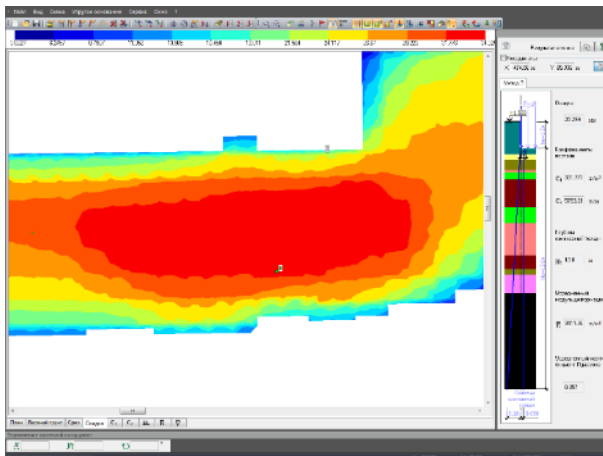


Рис. 5. Осадка в точке 3.

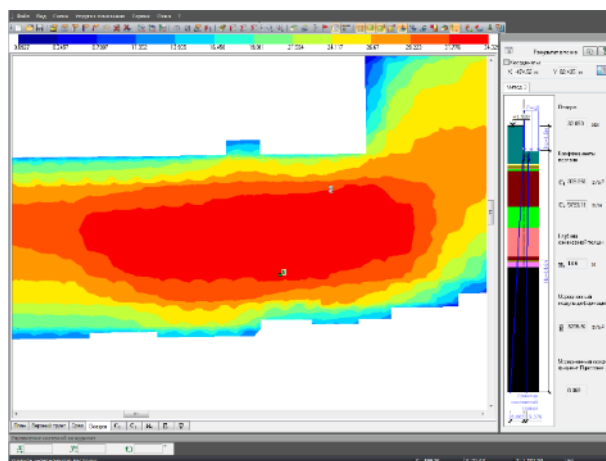


Рис. 6. Осадка в точке 4.

Относительная расчетная разность осадок составляет:

$$\Delta S/L = (32,050 - 20,299) / 2901 = 0,003 \leq 0,003.$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При расчете здания и проверке его отдельных элементов были приняты типы сечений и элементы, удовлетворяющие требованиям по прочности, деформативности и устойчивости на основании действующих нормативных документов. Сведения по результатам расчетов здания и отдельных элементов приведены в статье с указанием прогибов, перемещений, данных по необходимому армированию и принятым сечениям элементов и узлов конструкций. Расчет по первой группе предельных состояний были проверены все несущие элементы здания. По результатам выполненных расчетов было установлено, что несущая способность железобетонной фундаментной плиты толщиной 500 мм на продавливание в местах опирания колонн каркаса достаточна. На основании сравнительного анализа осадок фундаментной плиты было получено, что относительная расчетная разность осадок меньше предельно допустимой и составляет 0,002 мм и 0,003 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трунтов П.С., Кецко Е.С. Принципы инженерно-технического обследования строительных конструкций первичных отстойников В сборнике: Строительство. Архитектура. Дизайн. Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Курский государственный университет. Курск, 2020. С. 194-197.
2. Римшин В.И., Кецко Е.С., Кузина И.С. Методы определения прочности материалов в строительных конструкциях сооружений водоподготовки Университетская наука. 2020. № 1 (9). С. 29-32.
3. Курбатов В.Л., Римшин В.И., Шумилова Е.Ю., Дайронас М.В. Технологические процессы в строительстве Учебное пособие / Москва, 2020.
4. Римшин В.И., Кустикова Ю.О. Теоретические основы расчета сцепления стеклобазальтопластиковой арматуры с бетоном Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. 2009. № 2-22. С. 29-33.
5. Римшин В.И., Шубин Л.И., Савко А.В. Ресурс силового сопротивления железобетонных конструкций инженерных сооружений Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 483-491.
6. Меркулов С.И. Конструктивная безопасность и прогрессирующие разрушения эксплуатируемых зданий В сборнике: Безопасность строительного фонда России проблемы и решения. Материалы Международных академических чтений. 2019. С. 89-96.
7. Римшин В.И., Кецко Е.С., Трунтов П.С. Большой строительный словарь Том 1 А-О Москва, 2022.
8. Римшин В.И., Кецко Е.С., Трунтов П.С. Большой строительный словарь Москва, 2022. Том 2 П-Я
9. Римшин В., Курбатов В., Анпилов С., Кецко Е. Проектирование мероприятий по реконструкции объектов жилищно-коммунального комплекса Русский инженер. 2022. № 2 (75). С. 44-47.
10. Кучеренко В.А., Римшин В.И. Причины образования конденсата на конструкциях купола и рекомендации по его устранению Эксперт: теория и практика. 2021. № 6 (15). С. 30-36.
11. С.И., Римшин В.И. Расчёт деформаций изгибаемых армированных деревянных элементов с учётом ползучести Известия Юго-Западного государственного университета. 2011. № 1 (34). С. 121-124.
12. Рощина С.И., Грибанов А.С., Лисятников М.С., Лукин М.В. Деревянокомпозитная балка с модификацией

- древесины Патент на полезную модель RU 193462 U1, 30.10.2019. Заявка № 2019115506 от 21.05.2019.
13. *Коцеев А.А., Рощина С.И., Лукин М.В., Сергеев М.С., Глебова Т.О.* Армирование деревянных балок стальной тросовой арматурой по криволинейной траектории в зонах анкеровки. анализ напряженного состояния и технологических перспектив БСТ: Бюллетень строительной техники. 2017. № 6 (994). С. 80.
 14. *Римшин В.И., Лабудин Б.В., Мелехов В.И., Попов Е.В., Рощина С.И.* Соединения элементов деревянных конструкций на шпонках и шайбах Вестник МГСУ. 2016. № 9. С. 35-50.
 15. *Бондаренко В.М., Римшин В.И., Рощина С.И., Шохин П.Б.* Экспериментальное исследование характеристики и меры ползучести древесины В сборнике: Инновации в отраслях народного хозяйства, как фактор решения социально-экономических проблем современности. Сборник докладов и материалов Международной научно-практической конференции. Институт непрерывного образования, Московская государственная академия коммунального хозяйства и строительства. 2011. С. 13-16.
 16. *Kuzina E.S., Rimshin V.I.* Calculation method analysis for structure strengthening with external reinforcement В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference "FarEastCon 2019". 2020. С. 022004.
 17. *Gribanov A.S., Rimshin V.I., Roshchina S.I.* Experimental investigations of composite wooden beams with local wood modification В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety. 2019. С. 033039.
 18. *Varlamov A., Shafranovskaya T., Rimshin V., Kurbatov V.* The two-factor destructions model of the composite В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Сер. "International Conference on Materials Physics, Building Structures and Technologies in Construction, Industrial and Production Engineering, MPCPE 2020" 2020. С. 012086.
 19. *Rimshin V.I., Truntov P.S., Kuzina I.S., Roshchina S.I., Ketsko E.S.* Engineering calculations of acidifier retaining walls during water treatment facilities designing Lecture Notes in Civil Engineering. 2022. Т. 182. С. 55-73.

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ СДВИГА НА ПРОГИБЫ БАЛКИ ПРИ ПЛОСКОМ ПОПЕРЕЧНОМ ИЗГИБЕ

Н.Т. Ву¹, А.И. Ахметова²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*ngostuyenn91@gmail.com*

²*adelina.akhmetova02@gmail.com*

Аннотация

В данном исследовании представлен полуобратный метод с использованием алгебраических полиномов функции напряжения для определения распределения напряжений в консольной балке прямоугольного сечения, подвергающейся сосредоточенной нагрузке на конце балки. В качестве функции напряжения Эри выбран полином 3-й степени, коэффициенты которого определяются исходя из граничных условий задачи. Распределение напряжений и перемещений сравниваются с известными формулами сопротивления материалов. Отсюда делается вывод, что сдвиговая деформация влияет не только на искривление поперечного сечения, но и на прогиб изгибаемой консольной балки.

ВВЕДЕНИЕ

При решении задач теории упругости необходимо определить 15 неизвестных функций (6 компонентов тензора напряжений, 6 компонентов тензора деформаций и 3 компонента вектора перемещений). Для этого нужно решить сложную систему уравнений, включающую 9 дифференциальных и 6 алгебраических уравнений. Из-за сложности приведенной выше системы уравнений мы не можем напрямую решить задачу теории упругости даже в самых простых случаях.

Для преодоления данной сложности ученые предложили разные методы уменьшения количества уравнений в системе уравнений теории упругости. Один из них — это рассматривать неизвестную функцию как три функции перемещений u, v, w . Тогда систему уравнений теории упругости можно свести к трем дифференциальным уравнениям относительно указанных выше функций перемещений (уравнение Ламе).

Кроме того, шесть компонентов тензора напряжений $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$ также можно считать неизвестными. Тогда для их определения нам понадобятся 6 дифференциальных уравнений Бельтрами – Митчелла.

Наряду с двумя упомянутыми выше методами задача теории упругости может быть решена и другими методами, такими как смешанный метод (неизвестной функцией является одновременно перемещение и напряжение) и метод с использованием специальной функции, с помощью которой можно определить напряжение и деформацию. Следует отметить, что последний метод (с использованием функции напряжения Эри) можно применять только в плоских задачах теории упругости.

В данной статье мы ограничиваем рамки наших исследований плоскими задачами теории упругости, поскольку они часто встречаются в расчетах реальных конструкций. Решения для изотропных балок при растяжении, сдвиге и чистом изгибе, для консольных балок, подвергающихся поперечной сосредоточенной нагрузке на концах, и изгибу опертых балок под распределенной нагрузкой были даны Тимошенко и Гудьером [1].

Лехницкий [2] изучал напряженное состояние анизотропных балок при растяжении, сдвиге, чистом изгибе, изгибе консольных балок с сосредоточенной силой на конце балки, изгибе простых балок под действием равномерно распределенных или линейно распределенных нагрузок. О численном решении балки с двумя концами сообщает Ахмед в [3]. Цзян получает аналитическое решение для анизотропной балки, подвергающейся равномерно распределенным нагрузкам [4].

Кроме того, насколько известно автору, нет работы, в которой упоминается влияние деформаций сдвига на прогибы балки при плоском поперечном изгибе изотропных балок.

Проведенные недавно экспериментальные исследования на железобетонных балках при изгибе показали, что поперечное сечение после нагружения перестает быть плоским и начинает коробиться [5, 6, 7]. Коробление проявляется явно при постепенном увеличении нагрузки до предельного значения. Причину коробления сечения можно объяснить тем, что помимо нормального напряжения в сечении возникают также касательные напряжения, сопровождающиеся сдвиговой деформацией [8, 9].

Поэтому в данной статье автор использует полуобратный метод функции напряжений Эри для исследования влияния деформаций сдвига на изотропную консольную балку под действием сосредоточенной нагрузки, приложенной на конце балки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрим консольную балку прямоугольного сечения с размерами $b \times h$, на которую действует сосредоточенная нагрузка P на конце балки (рис. 1). В этом случае можно считать, что балка работает в состоянии плоского напряжения, то есть:

$$\sigma_z = \tau_{yz} = \tau_{zx} = 0, \sigma_x = \sigma_x(x, y); \sigma_y = \sigma_y(x, y); \tau_{xy} = \tau_{xy}(x, y) \quad (1)$$

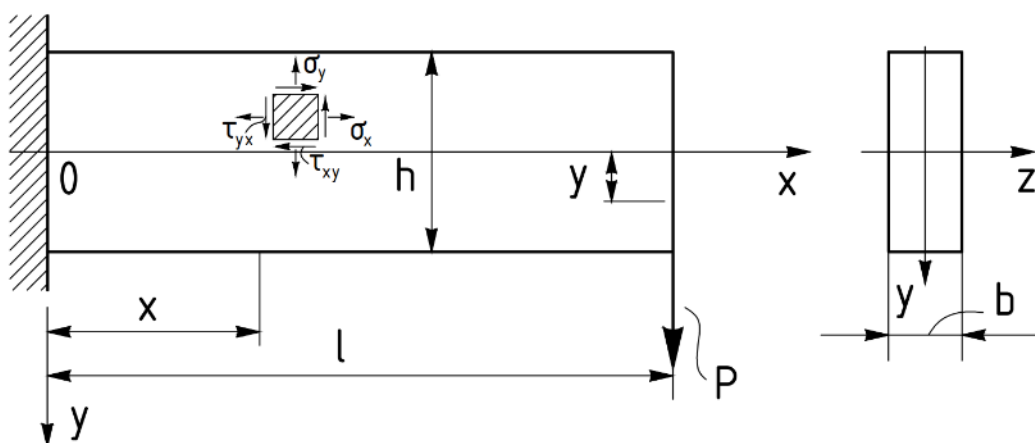


Рис. 1. Расчетная схема консольной балки

Пренебрегая собственным весом балки, т. е. объемные силы в направлении x и направлении y равны 0. Выберем функцию напряжения Эри $\varphi(x, y)$, которую нужно найти в полиномиальном виде, следующим образом:

$$\varphi(x, y) = \frac{C_1}{6} y^3 + \frac{C_2}{6} xy^3 - C_3 xy \quad (2)$$

где C_1, C_2, C_3 — неизвестные коэффициенты. Поскольку степень полинома (2) меньше 4, функция напряжений Эри удовлетворяет бигармоническому уравнению для всех значений коэффициентов C_1, C_2, C_3 , то есть:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \varphi}{\partial y^4} = 0 \quad (3)$$

Напряжения определяются на основе функции напряжения φ следующим образом:

$$\sigma_x = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2}; \sigma_y = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}; \tau_{xy} = -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y} - yX - xY \quad (4)$$

или

$$\sigma_x = C_{1y} + C_2 xy; \sigma_y = 0; \tau_{xy} = -\frac{C_2 y^2}{z} + C_3 \quad (5)$$

Коэффициенты C_1, C_2, C_3 определим из граничных условий балки:

Вверху и внизу балки нет приложенной нагрузки, или $y = \pm \frac{h}{2}$; $\sigma_y = 0$; $\tau_{xy} = 0$.

Первое условие ($\sigma_y = 0$) всегда выполняется, второе условие имеем

$$\tau_{xy} = 0; C_3 = C_2 \frac{h^2}{8} \quad (6)$$

Граничные условия на правом торце балки записываются в интегральном виде:

$$x = l; \sigma_x = 0; \int_{-h/2}^{h/2} \tau_{yx} \cdot b \, dy = P \quad (7)$$

Из первого условия (6) находим

$$C_1 y + C_2 l y = 0$$

Или

$$C_1 = -C_2 l \quad (8)$$

Из второго условия в интегральной форме (6) имеем

$$\int_{-h/2}^{h/2} \left(-\frac{C_2}{2} y^2 + C_3 \right) b \, dy = P \quad (9)$$

Выполнив интегрирование, находим

$$\left(-\frac{C_2}{2} \frac{y^3}{3} + C_3 \cdot y \right) \Big|_{-h/2}^{h/2} = \frac{P}{b}$$

Или

$$\left[-\frac{C_2}{6} \left(\frac{h}{2} \right)^3 + C_3 \left(\frac{h}{2} \right) \right] 2 = \frac{P}{b} \quad (10)$$

Подставив коэффициент C_3 из уравнений (6) в (10), получим:

$$\frac{C_2}{24} h^3 + C_2 \cdot \frac{h^2}{8} \cdot h = \frac{P}{b}$$

Или

$$C_2 = \frac{12}{bh^3} \cdot P = \frac{P}{J_z} \quad (11)$$

Итак, из уравнения (6) мы можем найти значение C_3 :

$$C_3 = \frac{Ph^2}{8J_z} \quad (12)$$

Подставив значение C_2 из уравнения (11) в (8), находим коэффициент C_1 функции напряжения Эри:

$$C_1 = -\frac{Pl}{J_z} \quad (13)$$

Подставив коэффициенты C_1, C_2, C_3 из уравнения (13) (11) (12) в (4) получим формулу для расчета напряжения балки в плоском напряженном состоянии

$$\sigma_x = -\frac{Pl}{J_z} y + \frac{Pl}{J_z} xy; \sigma_y = 0; \tau_{xy} = \tau_{yx} = \frac{Ph^2}{8J_z} - \frac{P}{2J_z} y^2 \quad (14)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Теперь определим смещение (u, v) на основе соотношения Коши и закона Гука

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \varepsilon_x = \frac{1}{E} (\sigma_x - \nu \sigma_y) = -\frac{P}{EJ_z} (l-x) \cdot y \quad (15)$$

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial y} = \varepsilon_y = \frac{1}{E} (\sigma_y - \nu \sigma_x) = \frac{\nu P}{EJ_z} (l-x) y \quad (16)$$

$$\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial \vartheta}{\partial x} = \gamma_{xy} = \frac{1}{G} \cdot \tau_{xy} = \frac{(1+\nu)P}{EJ_z} \left(\frac{h^2}{4} - y^2\right) \quad (17)$$

Интегрируя уравнение (15) по переменной x и (16) по переменной y , получим

$$u = -\frac{P}{EJ_z} \left(l_{xy} - \frac{1}{2} x^2 y \right) + f_1(y) \quad (18)$$

$$v = \frac{\nu P}{2EJ_z} (ly^2 - xy^2) + f_2(x) \quad (19)$$

Где $\varphi_1(y)$ и $\varphi_2(x)$ — произвольные функции

Подставив (18) (19) в (17), получим

$$\left[f'_2(x) - \frac{P}{EJ_z} \left(lx - \frac{x^2}{2} \right) \right] + \left[f'_1(y) + \frac{(2+\nu)P}{2EJ_z} y^2 \right] = \frac{(1+\nu)Ph^2}{4EJ_z} \quad (20)$$

В уравнении (20): правая часть — константа, не зависящая от координат x, y ; выражение в первой квадратной скобке зависит только от переменной x , а во второй квадратной скобке зависит только от переменной y . Поскольку x, y являются двумя независимыми переменными, уравнение (20) удовлетворяется только в том случае, если формула в квадратных скобках является константой, то есть:

$$f'_2(x) - \frac{P}{EJ_z} \left(lx - \frac{x^2}{2} \right) = C_1 \quad (21)$$

$$f'_1(y) + \frac{(2+\nu)P}{2EJ_z} y^2 = C_2 \quad (22)$$

Интегрируя два приведенных выше выражения, находим функции $f_1(y)$ и $f_2(x)$

$$f_2(x) = \frac{P}{EJ_z} \left(\frac{lx^2}{2} - \frac{x^3}{6} \right) + C_1 x + C_3 \quad (23)$$

$$f_1(y) = -\frac{(2+\nu)P}{6EJ_z} y^3 + C_2 y + C_4 \quad (24)$$

Из формул (23) и (24) выражение для перемещения запишется как

$$u = \frac{P}{EJ_z} \left(-lxy + \frac{x^2 y}{2} - \frac{(2+\nu)P}{6} y^3 \right) + C_2 y + C_4 \quad (25)$$

$$v = \frac{P}{2EJ_z} \left(\nu l y^2 - \nu x y^2 + lx^2 - \frac{x^3}{3} \right) + C_1 x + C_3 \quad (26)$$

Для определения констант C_3, C_4 используем граничное условие в точке O балки, т.е. $x = 0, y = 0, u = v = 0$. Подставив приведенные выше условия в формулу (25) и (26), получим $C_4 = C_3 = 0$. Для определения константы C_1 воспользуемся условием, что угол поворота нормали к изогнутой оси

равен 0, то есть: $x = 0, y = 0, \frac{\partial u}{\partial y} = 0$. Получим

$$C_2 = 0 \quad (27)$$

Согласно формуле (20) имеем

$$C_1 + C_2 = \frac{(1 + \nu)Ph^2}{4EJ_z} \quad (28)$$

Подставив (27) в (28), получим значение C_2 :

$$C_2 = \frac{(1 + \nu)Ph^2}{4EJ_z} \quad (29)$$

Таким образом, формула определения перемещений имеет вид:

$$u = \frac{P}{EJ_z} \left(-lxy + \frac{x^2y}{2} - \frac{(2 + \nu)}{6} y^3 \right) \quad (30)$$

$$v = \frac{P}{2EJ_z} (vly^2 - vxy^2) + lx^2 - \frac{x^3}{3} + \frac{(1 + 0)h^2}{2} x \quad (31)$$

В формуле (32) примем $u=0$, получим уравнение изогнутой оси балки

$$v(x) = \frac{P}{EJ_z} \left(\frac{lx^2}{2} - \frac{x^3}{6} \right) + \frac{(1 + \nu)Pl^2}{4EJ_z} \left(\frac{h}{l} \right)^2 x \quad (32)$$

При $x = l$ формула (32) дает значение прогиба балки:

$$v(l) = \frac{Pl^3}{3EJ_z} + \frac{(1 + \nu)Pl^3}{4EJ_z} \left(\frac{h}{l} \right)^2 \quad (33)$$

ВЫВОДЫ

Как видно из формулы (30), перемещение нелинейно зависит от y и, следовательно, поперечные сечения балки, в том числе и в заделке, не остаются плоскими.

Первые слагаемые в формулах (32) совпадают с выражениями прогиба балки методом сопротивления материалов (1), а вторые, имеющие порядок величины $(h/l)^2$ по сравнению с первыми, учитывают влияние деформаций сдвига на прогибы. Для обычных балок $h/l < 1/5$, и влияние сдвигов незначительно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Timoshenko S.P., Goodier J.N. Theory of Elasticity — 3rd Edition — New York: McGraw Hill, 1970.
2. Lekhnitskii S.G. Anisotropic Plate. — New York: Gordon and Breach, 1968
3. Ahmed S.R., Idris B.M., Uddin M.W. Numerical solution of both ends fixed deep beams // Computer & Structures, 1996, 61(1):21-29.
4. Jiang A.M., Ding H.J. The analytical solutions for orthotropic cantilever beams (I): Subjected to surface forces // Journal of Zhejing University SCIENCE, 2005, 6A(2):126-131.
5. Iakovenko A. I., Kolchunov I. V. The development of fracture mechanics hypotheses applicable to the calculation of reinforced concrete structures for the second group of limit states // Journal of Applied Engineering Science. — 2017. — Т. 15. — №. 3. — С. 367-376.
6. Kolchunov V., Dem'yanov A., Protchenko M. The new hypothesis angular deformation and filling of diagrams in bending with torsion in reinforced concrete structures // Journal of Applied Engineering Science. — 2021. — Т. 19. — №. 4. — С. 972-979.
7. Poliotti M., Bairán J. M. B-spline sectional model for general 3D effects in reinforced concrete elements // Engineering Structures. — 2020. — Т. 207. — С. 110200.
8. Kosior-Kazberuk M., Kochkarev D., Azizov T., Galinska T. Approximation Model of the Method of Design Resistance of Reinforced Concrete for Bending Elements // Lecture Notes in Civil Engineering. 2022. (181). С. 245–254. DOI:10.1007/978-3-030-85043-2_23/TABLES/1.
9. Nuguzhinov Z.S., Bakirov Z.B., Vatin N.I., Bakirov M.Z., Kurokhtina I.A., Tokanov D.T., Khabidolda O. Stress Intensity Factor of Reinforced Concrete Beams in Bending // Buildings 2021, Vol. 11, Page 287. — 2021. — № 7(11). С. 287. DOI:10.3390/BUILDINGS11070287.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЕДИНЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАКЛАДКАХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ СПОСОБОМ. ЧАСТЬ 1. РАЗРАБОТКА ОБРАЗЦОВ

М.А. Дежин¹, А.М. Ибрагимов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹maksim1403@yandex.ru

²igasu_alex@mail.ru,

Аннотация

Цель работы – разработка образцов для определения экспериментальным методом несущей способности и деформативности соединений деревянных элементов на металлических накладках с использованием шурупов, а также оценки эффективности разработанных ранее способов увеличения несущей способности и снижения деформативности соединений (модификацию соединений с внедрением эпоксидной смолы между шурупом и древесиной и между металлической накладкой и торцом деревянного элемента, к которому она закреплена и модификацию конструкции металлических накладок). В статье описаны конструкции разработанных образцов, предназначенных для определения действительной работы реальных соединений деревянных элементов на металлических накладках собственной разработки с применением ввинченных и клееввинченных шурупов, а также несущей способности ввинченных/клееввинченных шурупов на выдергивание из деревянных элементов и на срез и определены требования к проведению испытаний этих образцов.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Российской Федерации (РФ) предпринимаются шаги по развитию деревянного домостроения. По поручению Президента РФ Путина В.В. до 1 мая 2024 г. соответствующими органами должны быть изданы нормативные правовые и иные акты, регулирующие порядок архитектурно-строительного проектирования и строительства, в том числе высотного, с применением деревянных конструкций, современных экологических и энергоэффективных решений, внесены соответствующие изменения в существующие нормативные документы и разрешено строительство деревянных домов высотой до 9 этажей, с дальнейшей перспективой распространения норм на здания высотой до 12 этажей.

Актуальным остается вопрос обеспечения строительной отрасли эффективными способами соединения деревянных элементов, обладающими высокими показателями несущей способности. При строительстве зданий с применением деревянных конструкций, высотой до 12 этажей должно уделяться особое внимание узловым соединениям. На сегодняшний день существует множество способов соединения деревянных конструкций, однако лишь малая их часть способна обеспечить те показатели по огнестойкости соединений деревянных конструкций, которые предъявляются к ним в многоэтажном строительстве. На сегодня эти показатели выдерживаются в основном у соединений деревянных элементов на металлических накладках [1,2,3]. Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что данное экспериментальное исследование является актуальным.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ранее проведенных научных исследованиях были разработаны способы увеличения несущей способности и снижения деформативности соединений деревянных элементов с применением металлических накладок [4,5,6,7]. Первый способ предполагает увеличение значения усилия шурупов на выдергивание за счет модификации соединений с внедрением эпоксидной смолы между шурупом и древесиной и между металлической накладкой и торцом деревянного элемента, к которому она закреплена. Второй способ предполагает

модификацию конструкции металлических накладок с целью правильного распределения прикладываемых к соединению нагрузок в самом соединении накладок и передачи нагрузок от одного элемента к другому в соединяемых накладках.

Для определения экспериментальным способом несущей способности и деформативности соединений деревянных элементов на металлических накладках с использованием шурупов, а также оценки эффективности разработанных способов увеличения несущей способности и снижения деформативности соединений были разработаны конструкции образцов и определены требования к проведению их испытаний.

Для экспериментального исследования несущей способности и деформативности соединений клееных деревянных элементов на металлических накладках с применением ввинченных/ клееввинченных шурупов было запланировано проведение испытаний 6 образцов (испытания по определению несущей способности и деформативности соединений клееных деревянных элементов на металлических накладках собственной разработки (2-х вариантов по 3 образца на каждый вариант) с применением ввинченных шурупов), 6 образцов (испытания по определению несущей способности и деформативности соединений клееных деревянных элементов на металлических накладках собственной разработки (2-х вариантов по 3 образца на каждый вариант) с применением клееввинченных шурупов) и 6 образцов (испытания по определению несущей способности и деформативности соединений клееных деревянных элементов на металлических накладках собственной разработки (2-х вариантов по 3 образца на каждый вариант) с применением клееввинченных шурупов и клеевых слоев между тыльными поверхностями накладок и деревянными элементами).

Симметричный двухсрезный образец №1 представлен на рисунках 1 и 2 и состоит из двух деревянных элементов (сосна/ель 2 сорта) $150(b)*150(h)*150(l)$ мм (главные балки), деревянного элемента $100(b)*150(h)*150(l)$ мм (второстепенная балка), двух пар металлических накладок (одна из пары - с шипом (прикручена шурупами $5*70$ мм к главной балке) и одна из пары - с пазом (прикручена шурупами $5*50$ мм к второстепенной балке), размерами $90(h)*45(b)$ мм и ввинченных/клееввинченных шурупов. Накладки изготовлены из стали путем фрезерования на станке с ЧПУ и соединены по принципу «ласточкин хвост». Испытания будут проведены согласно требований ГОСТ 33082-2014. Образцы будут нагружаться ступенчато с периодическим разгрузением.

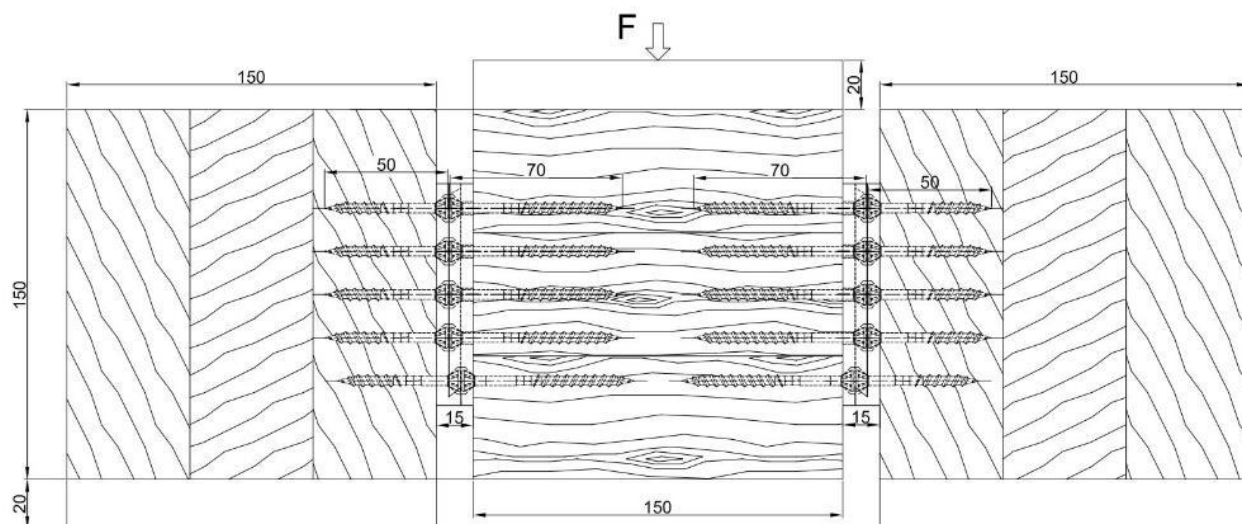


Рис. 1. Образец №1. Вид сбоку.

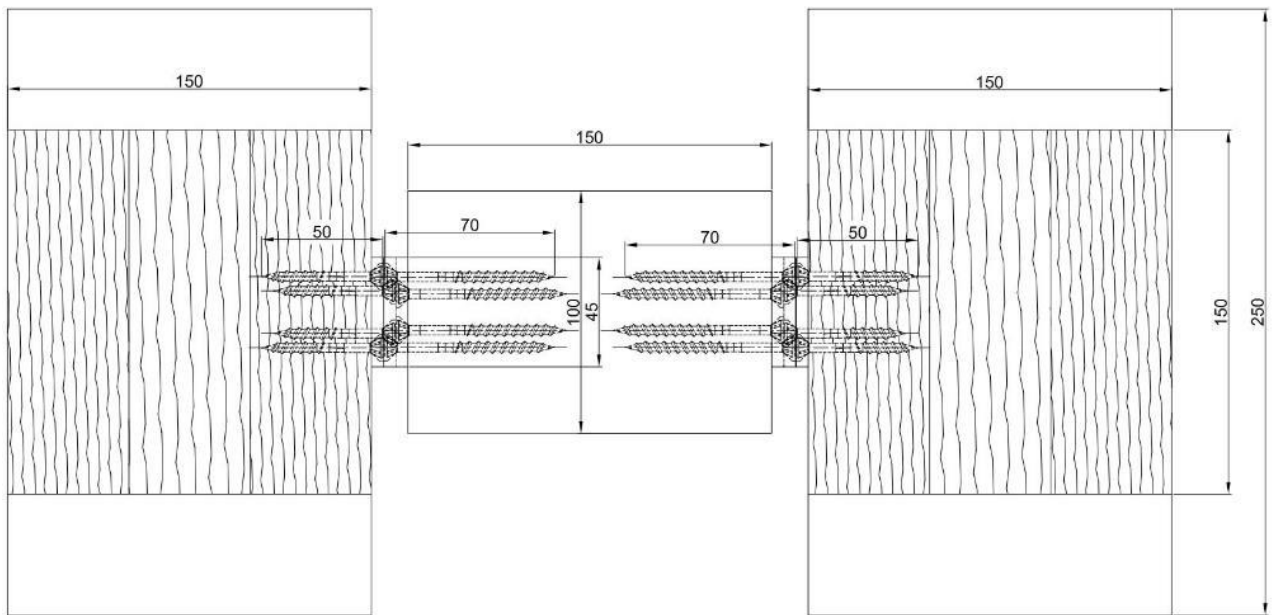


Рис. 2. Образец №1. Вид сверху.

Для более полной оценки эффективности разработанных мер, связанных с внедрением клея в состав соединения, по снижению деформативности и повышению несущей способности рассматриваемых соединений дополнительно будут проведены испытания на выдергивание из деревянных элементов и на срез ввинченных/клееввинченных шурупов. Для определения несущей способности и деформативности ввинченных/клееввинченных шурупов на выдергивание из деревянных элементов были разработаны 2 конструкции образцов, представленные на рисунках 3-6. Конструкция образца №2 (нагрузка параллельна волокнам древесины, ось шурупа вдоль волокон древесины) состоит из деревянного элемента (сосна/ель 2 сорта) 100(б)*110(н)*150(л) мм и трех ввинченных/клееввинченных шурупов. Конструкция образца №3 (нагрузка перпендикулярна к волокнам древесины, ось шурупа поперек волокон древесины) состоит из деревянного элемента (сосна/ель 2 сорта) 110(б)*100(н)*150(л) мм и трех ввинченных/клееввинченных шурупов. Ось шурупа должна быть расположена перпендикулярно поверхности древесины. Так как образцы для испытания изготовлены из клееной, а не из цельной древесины, нет необходимости ввинчивать шурупы и в радиальном и в тангенциальном направлениях по отношению к годичным кольцам. Располагают образец для испытания, обеспечивая приложение выдергивающей нагрузки вертикально вверх вдоль оси шурупа. Испытание на выдергивание будут выполнены согласно требований ГОСТ Р 57176—2016/EN 1382:1999 с постоянной скоростью нагружения. При определении прочности при выдергивании скорость нагружения должна быть такой, чтобы время достижения максимального значения выдергивающей нагрузки составляло 90 ± 30 с.

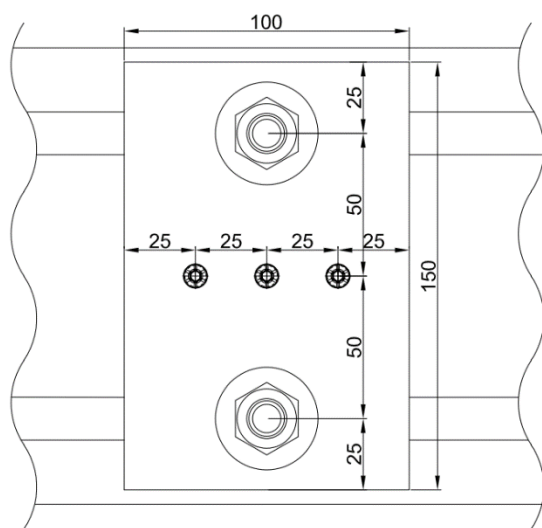


Рис. 3. Образец №2. Вид сверху.

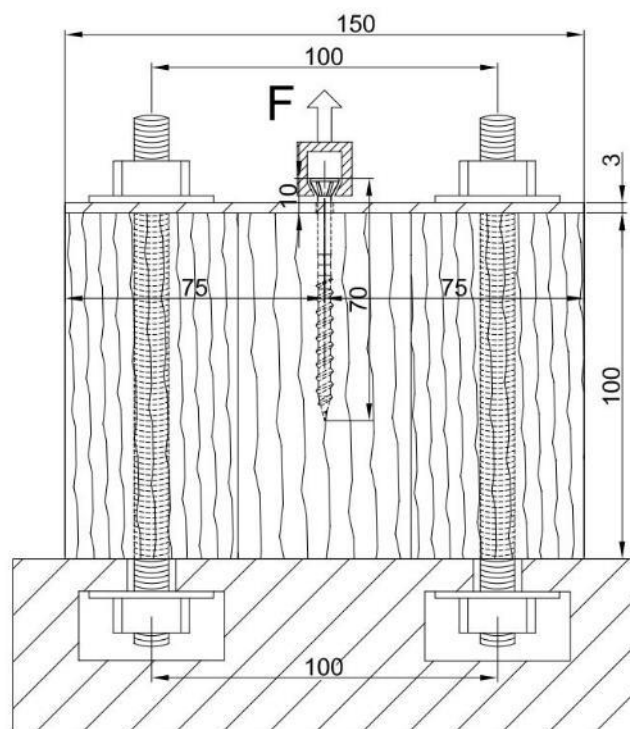


Рис. 4. Образец №2. Вид сбоку.

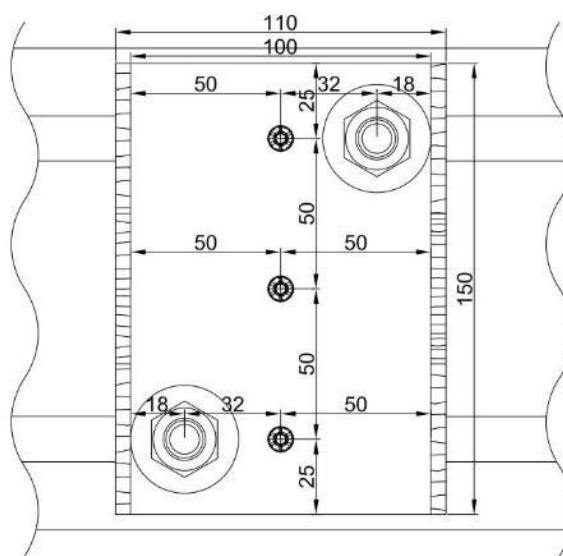


Рис. 5. Образец №3. Вид сверху.

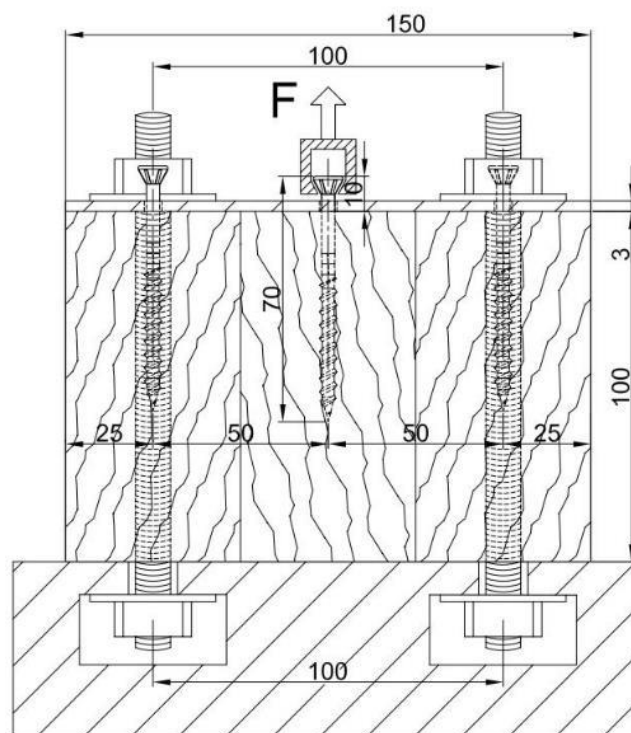


Рис. 6. Образец №3. Вид с торца.

Будут проведены испытания 8 образцов с применением винченных шурупов (2 образца вдоль волокон с применением шурупов диаметром 5 мм длиной 50 мм, 2 образца поперек волокон древесины с применением шурупов диаметром 5 мм длиной 50 мм, 2 образца вдоль волокон с применением шурупов диаметром 5 мм длиной 70 мм, 2 образца поперек волокон древесины с применением шурупов диаметром 5 мм длиной 70 мм) и аналогично 8 образцов с применением клееввинченных шурупов.

Кроме этого, предполагаются испытания по определению несущей способности и деформативности винченных и клеевинченных шурупов на срез. Для этого были разработаны 2 конструкции образцов, представленные на рисунках 7-10. Конструкция образца №4 (нагрузка перпендикулярна к волокнам древесины, ось шурупа поперек волокон древесины) состоит из деревянного элемента (сосна/ель 2 сорта) 50(b)*100(h)*150(l) мм и прикрученных к нему двух стальных пластин 90*35*10 мм двумя винченными/клеевинченными шурупами. Конструкция образца №5 (нагрузка перпендикулярна к волокнам древесины, ось шурупа вдоль волокон древесины) состоит из деревянного элемента (сосна/ель 2 сорта) 150(b)*100(h)*80(l) мм и прикрученных к нему двух стальных пластин 90*35*10 мм двумя винченными/клеевинченными шурупами.

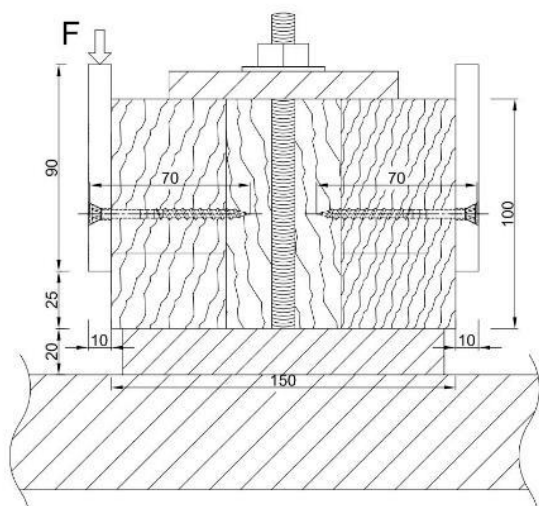


Рис. 7. Образец №4. Вид с торца.

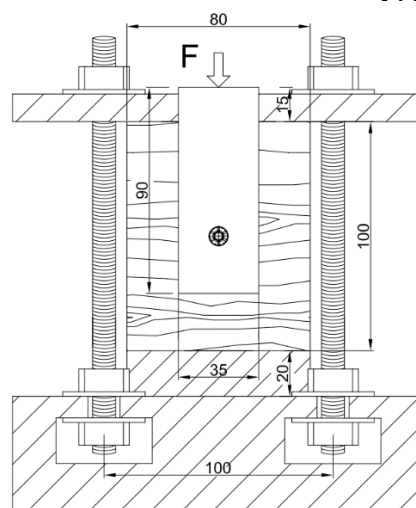


Рис. 8. Образец №4. Вид сбоку.

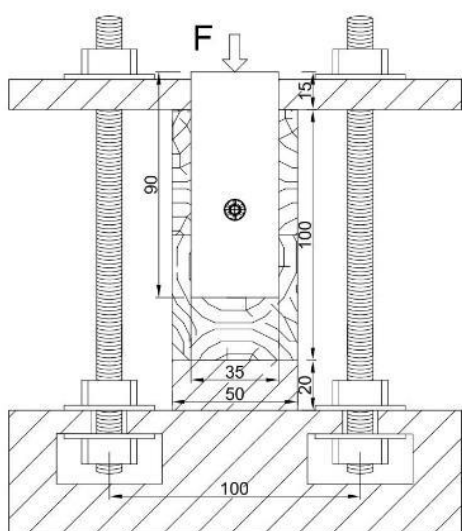


Рис. 9. Образец №5. Вид с торца.

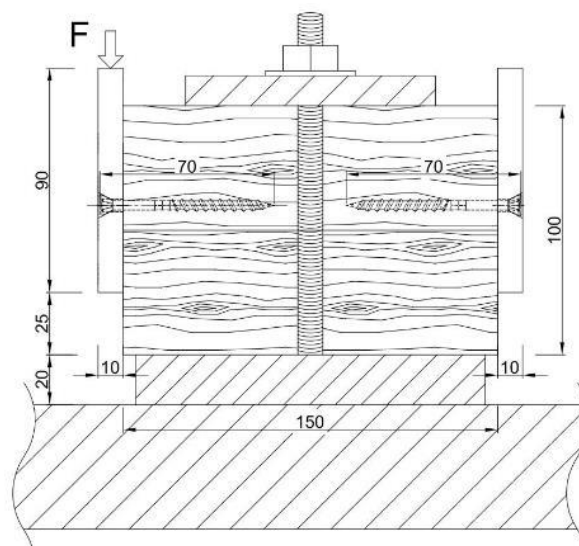


Рис. 10. Образец №5. Вид сбоку.

Планируется провести испытания 12 образцов с применением винченных шурупов (3 образца вдоль волокон с применением шурупов диаметром 5 мм длиной 50 мм, 3 образца поперек волокон древесины с применением шурупов диаметром 5 мм длиной 50 мм, 3 образца вдоль волокон с применением шурупов диаметром 5 мм длиной 70 мм, 3 образца поперек волокон древесины с применением шурупов диаметром 5 мм длиной 70 мм) и аналогично 12 образцов с применением клеевинченных шурупов. Испытания образцов будут проведены по сжатой схеме в соответствии с требованиями ГОСТ 33082-2014 с доведением их до разрушения ступенчатым нагружением через равные ступени

возрастания нагрузки с периодической разгрузкой. К испытываемым образцам нагрузка будет прикладываться вертикально вниз на верхний торец металлической накладки.

Для проведения всех вышеописанных испытаний будет использована универсальная электромеханическая машина, мощностью до 100 кН - 1шт., а для испытания образцов соединения главных и второстепенных балок и образцов по определению несущей способности и деформативности ввинченных/ клееввинченных шурупов на срез дополнительно будут использованы индикаторы часового типа с ценой деления 0.01мм - 4шт.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании ранее проведенных исследований, а также изученных научных публикаций по тематике исследования была осуществлена разработка образцов соединений, позволяющих определять несущую способность и деформативность реальных соединений главных и второстепенной деревянных балок, а также ввинченных/клееввинченных шурупов на выдергивание из деревянных элементов и на срез.

ВЫВОДЫ

Проведение испытаний рассматриваемых в статье конструкций образцов позволит определить экспериментальным способом несущую способность и деформативность соединений деревянных элементов на металлических накладках с использованием шурупов и оценить эффективность разработанных мер, связанных с внедрением клея в состав соединения, по снижению деформативности и повышению несущей способности рассматриваемых соединений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Europäische technische Zulassung ETA-12/0067, Sherpa Serien XS, S, M, L, XL und XXL.
2. Europäische technische Zulassung ETA-15/0540, Sherpa Power Base C, S and F.
3. Europäische technische Zulassung ETA-18/0083, Sherpa CLT-Connector.
4. *Дежгин М.А., Ибрагимов А.М.* Разработка конструктивного решения образца для испытания соединений главных и второстепенных балок из древесины на металлических накладках // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2023. № 11 (1071). С. 44-45.
5. *Дежгин М.А., Ибрагимов А.М.* Экспериментальная оценка особенностей работы соединений деревянных элементов на металлических накладках // сборник докладов Третьей Национальной научной конференции: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ И ОБРАЗОВАНИЯ. 2022. С. 55-58.
6. *Дежгин М.А., Ибрагимов А.М.* Учет особенностей деформативности соединений деревянных элементов с применением металлических накладок с целью разработки способа повышения несущей способности таких соединений // Инженерный вестник Дона. 2023. № 1 (97). С. 408-414.
7. *Дежгин М.А., Ибрагимов А.М.* Изучение характера деформативности соединений деревянных элементов на металлических накладках с применением ввинченных шурупов // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2023. № 1 (1061). С. 52-53.

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ УСИЛИЯ НАТЯЖЕНИЯ БОЛТОВ СДВИГОУСТОЙЧИВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

А.А. Василькин, Г.В. Зубков

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
vasilkinaa@mgsu.ru

Аннотация

В методике расчета, регламентируемой нормативными документами, основное влияние на несущую способность сдвигоустойчивого соединения на высокопрочных болтах оказывают усилие натяжения болта и коэффициент трения между соединяемыми элементами. Существует несколько способов, позволяющих надежно достигать расчетного усилия натяжения болта, однако достаточно исследован в отечественных источниках и зафиксирован в нормативной документации только способ контроля натяжения – по моменту закручивания. Исследование других методов контроля усилия натяжения может позволить снизить затраты на выполнение соединений и повысить их надежность. В статье проведен анализ требований российской и зарубежной нормативной документации в отношении требований к методам контроля усилия закручивания болтов, исследований на эту тему, отечественных и иностранных, выделены наиболее перспективные для дальнейшего изучения методы контроля усилия натяжения болтов сдвигоустойчивых соединений.

ВВЕДЕНИЕ

Сдвигоустойчивые соединения на болтах с контролируемым натяжением в настоящее время применяются в строительстве, во многих областях промышленности и машиностроения. Такие соединения позволяют сконструировать конструкции, воспринимающие нагрузку при различных условиях работы, при действии широкого спектра нагрузок – динамических, вибрационных, сейсмических и т.д. Главным достоинством фрикционных соединений является их способность эффективно сопротивляться сдвигу соединяемых конструктивных элементов.

Несущая способность одноболтового фрикционного соединения, согласно СП 16.13330.2017, зависит от усилия натяжения болта P и коэффициента трения между соединяемыми поверхностями μ .

$$Q_{bh} = P\mu/\gamma_h,$$

где γ_h – коэффициент надежности, принимаемый по таблице 42 СП 16.13330.2017 в зависимости от разности диаметров отверстий и болтов, вида нагрузки и способа контроля натяжения болтов.

Для обеспечения надлежащей работы фрикционного соединения болты должны быть затянуты с обеспечением величины усилия, заложенной в проектной документации. Существует несколько способов, позволяющих надежно выполнить это условие. В отечественной нормативной документации описаны два из них – по моменту закручивания и углу поворота гайки.

Исследование других способов контроля усилия натяжения, использующихся в мировой практике строительства или в смежных областях промышленности, может позволить повысить надежность соединений на болтах с контролируемым натяжением, увеличить производительность труда при сборке металлических конструкций и удешевить их монтаж.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В статье проведен анализ требований российской и зарубежной нормативной документации в отношении требований к методам контроля усилия закручивания болтов, исследований на эту тему, отечественных и иностранных, выделены наиболее перспективные для дальнейшего изучения методы контроля усилия натяжения болтов сдвигоустойчивых соединений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Отечественные нормативные документы, в частности, СП 16.13330.2017, допускают два способа контролируемого натяжения болтов – по моменту закручивания и по углу поворота гайки. Выполнение соединений на болтах с контролируемым натяжением регламентируется СП 70.13330.2012.

Согласно его указаниям, заданное проектом натяжение болтов следует обеспечивать затяжкой гаек или вращением головок болтов до расчетного момента закручивания, либо поворотом гаек на определенный угол.

Контроль усилия натяжения болтов по моменту закручивания.

При контроле усилия натяжения болтов по моменту закручивания расчетный момент определяется по формуле:

$$M = \bar{K}_3 Pd,$$

где \bar{K}_3 – среднее значение коэффициента закручивания для каждой партии болтов, принимаемое по результатам испытаний с помощью контрольных приборов при $P = (0,5 \dots 0,7)R_{bun}A_{bh}$;

Коэффициент закручивания характеризует силы трения, возникающие между витками резьбы болта и гайки при закручивании. Согласно указаниям СП 70.13330.2012, коэффициент закручивания следует принимать по результатам испытаний для каждой партии болтов. Согласно указаниям СТО НОСТРОЙ 2.10.76-2012, величину коэффициента закручивания следует принимать равной 0,17 для болтов, гаек и шайб, поставляемых по ГОСТ Р 52643, ГОСТ Р 52644, ГОСТ Р 52645 и ГОСТ Р 52646, надлежащим образом расконсервированных и смазанных.

На величину коэффициента закручивания может влиять большое количество факторов. Первым фактором являются характеристики шероховатости поверхности резьбы болта и гайки, которые определяют силу трения, возникающую при закручивании. Вторым фактором являются геометрические параметры резьбы, ее шаг и угол профиля. Третий фактор – это характеристики шероховатости соприкасающихся поверхностей шайбы и головки болта или гайки, в зависимости от вращаемого элемента. Существенное значение оказывают химические и механические характеристики стали, из которой изготовлен болтокомплект, наличие или отсутствие антикоррозионного покрытия, наличие и вид смазки резьбовых и контактных поверхностей, чистота и состояние резьбовых и контактных поверхностей.

Наличие такого большого числа факторов, не поддающихся теоретическому обобщению, и приводит к тому, что коэффициент закручивания для каждой партии болтов приходится определять экспериментально. В проведенном исследовании [1] по определению коэффициента закручивания высокопрочных болтов коэффициент вариации внутри одной партии болтов составил 0,11.

Экспериментальные данные показывают, что зависимость усилия в болте от момента затяжки не является устойчивой и обеспечивает точность получения усилия затяжки не более $\pm 25\%$ [2]. Такая низкая точность объясняется разбросом значений коэффициента затяжки, т.к. погрешность измерения момента затяжки обычно составляет не более $\pm 5\%$.

Контроль усилия натяжения болтов по углу поворота гайки.

Вторым способом, регламентируемым отечественными нормативными документами, является контроль усилия натяжения по углу поворота гайки. Область его применения существенно ограничена. Согласно СП 70.13330.2012, этот метод может применяться только для болтов М24 класса прочности 10.9 при толщине пакета от 40 до 140 мм. При использовании этого метода болты сначала затягиваются до отказа с усилием 30-35 кгс*м, затем плотность соединения проверяется щупом 0,3 мм и, наконец, болт затягивается на расчетное усилие поворотом гайки на угол $180^{\circ} \pm 30^{\circ}$. Стоит отметить, что при контроле усилия натяжения по углу поворота гайки, согласно СП 16.13330.2017, коэффициент γ_h следует умножать на 0,9, т.е. несущая способность соединения вырастает на 11%. При этом важным обстоятельством при натяжении болтов по углу поворота является плотное прилегание друг к другу деталей пакета и правильный момент начала отсчета угла поворота. [7].

Методы контроля усилия натяжения болтов согласно стандарту RCSC Specification for Structural Joints Using High-Strength Bolts.

В стандарте организации RCSC, используемом в США для выполнения сдвигоустойчивых соединений, приводится четыре способа контроля натяжения болтов.

Первый из них – *по углу поворота гайки*. Указания по выполнению затяжки болта в целом повторяют указания СП 70.13330.2012. Отмечается, что контроль натяжения болтов по углу поворота гайки обеспечивает более точное достижение требуемого значения усилия в болте [6]. Угол поворота для различных толщин пакетов показан в таблице 1. Стоит отметить, что угол поворота не зависит от диаметра и класса прочности болта.

Табл. 1. Угол поворота болтов согласно RCSC

Толщина пакета ³	Расположение внешних элементов пакета		
	Оба внешних элемента перпендикулярны оси болта	Один внешний элемент перпендикулярен оси болта, другой расположен с уклоном не более $1/20^4$	Оба внешних элемента расположены с уклоном не более $1/20^4$
До 4 диаметров болта	120°	180°	240°
От 4 до 8 диаметров болта	180°	240°	300°
От 8 до 12 диаметров болта	240°	300°	360°

¹ Угол поворота не зависит от того, какой элемент поворачивается – гайка или головка болта. Для углов поворота 180° и менее погрешность составляет $\pm 30^{\circ}$, для углов поворота 240° и более погрешность составляет $\pm 45^{\circ}$;

² Таблица применяется только к соединениям, в которых все элементы выполнены из стали;

³ При толщине пакета более 12 диаметров болта, угол поворота определяется по результатам испытаний;

⁴ При использовании плоской шайбы.

Второй способ контроля усилия натяжения болтов – *по моменту закручивания*. Расчетный момент указано определять для каждой партии болтокомплектов, для каждого типоразмера (диаметра, длины и класса прочности) отдельно. Расчетный момент принимается по результатам испытаний в специальных устройствах или с использованием динамометрических шайб.

Необходимо отметить также строгие требования к тарированию динамометрических ключей. В то время, как СП 70.13330.2012 предписывает производить тарирование ключей не реже одного раза в смену, стандарт RCSC, помимо этого, требует производить тарирование ключа при смене партии болтов, при обновлении смазочного покрытия партии болтов, при наличии существенных различий в состоянии болтов, гаек и шайб в пределах одной партии.

Два других способа, не описанных в российских нормативных документах – с помощью болтов с торцевым срезаемым элементом и с помощью динамометрических шайб.

Первый способ предполагает использование специальных болтов, отличающихся наличием круглой головки и специального торцевого элемента, выполненного таким образом, что в момент достижения болтом необходимого усилия натяжения торцевой элемент срезается по сечению, имеющему определенный расчетом диаметр. Принцип работы болтов с торцевым срезаемым элементом показан на рисунке 1. Такие болты в России мало исследованы, на них существует ТУ, но они не производятся и не используются [3, 4].

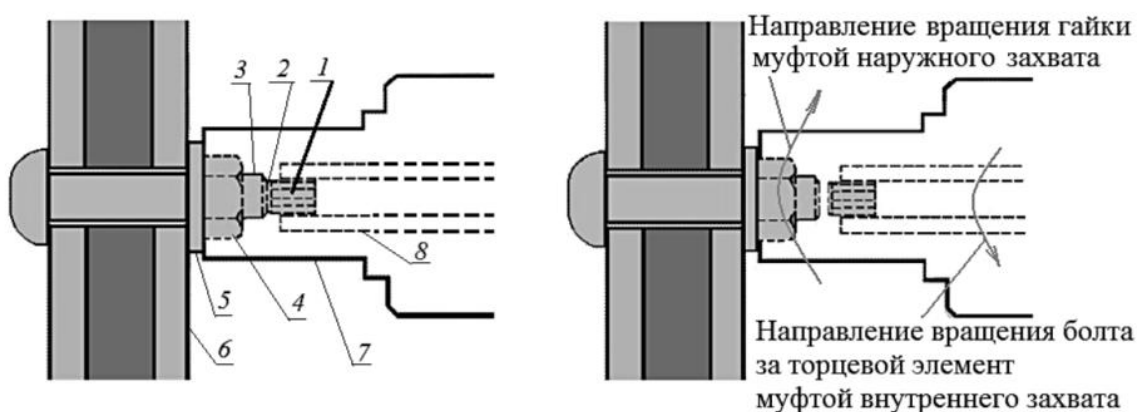


Рис. 5. Схема натяжения болта до и после среза торцевого элемента:
 1 – срезаемый торцевой элемент с зубчатой поверхностью; 2 – кольцевая выточка расчетного диаметра; 3 – резьба; 4 – гайка; 5 – шайба; 6 – элемент соединения;
 7 – муфта наружного захвата; 8 – муфта внутреннего захвата

Рис. 1. Конструкция и принцип работы болтов с торцевым срезаемым элементом

Динамометрические шайбы имеют полукруглые выступы на одной из плоскостей. Они рассчитаны и выполнены таким образом, чтобы предсказуемо деформироваться под действием сжимающей нагрузки. При затягивании болтов соединения, зазоры между динамометрической шайбой и головкой болта (гайкой) должны быть меньше, чем указанные производителем. Устойчивая связь между сжимающей нагрузкой и деформацией металла динамометрической шайбы позволяет достичь большой точности преднапряжения болтов [2]. В России динамометрические шайбы не используются, и практически не исследованы. Конструкция динамометрической шайбы представлена на рисунке 2.

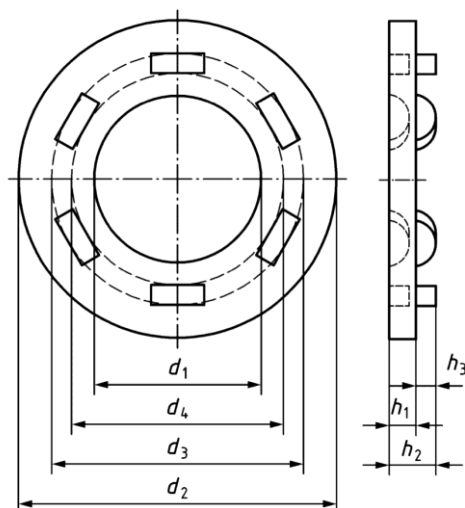


Рис. 2. Конструкция динамометрической шайбы

Методы контроля усилия натяжения болтов согласно стандарту EN 1090-2:2018.

Стандарт EN 1090-2:2018 также регламентирует четыре способа контроля натяжения болтов. Одна из основных особенностей стандарта по сравнению с российским или американским состоит в присвоении поставляемым болтокомплектam так называемых к-классов. к-класс устанавливается в зависимости от характеристик болтокомплектов, гарантируемых изготовителем, и устанавливает, какие методы контроля усилия натяжения следует применять. Требования к болтокомплектam различных к-классов указаны в таблице 2. В таблице 3 показаны методы контроля усилия натяжения болтов в зависимости от к-класса.

Табл. 2. Требования к болтокомплектam различных к-классов

к-класс	Требуемые характеристики
K2	$0,10 \leq \bar{K}_3 \leq 0,23, V_k \leq 0,06^1$
K1	$0,10 < K_{3i} < 0,16^2$
K0	-

¹ где \bar{K}_3 – среднее значение коэффициента закручивания для каждой партии болтов, V_k – коэффициент вариации коэффициента закручивания болтов
² где K_{3i} – индивидуальные значения коэффициента закручивания для испытанных образцов из партии, коэффициент вариации не нормируется

Табл. 3. Методы контроля усилия натяжения болтов в зависимости от к-класса

Метод контроля	к-класс
По моменту закручивания	K2
Комбинированный	K1 или K2
С помощью болтов с торцевым срезаемым элементом	K0 (при использовании гаек HRD с увеличенной высотой) или K2
С помощью динамометрических шайб	K0, K1 или K2

Способ контроля усилия натяжения болтов *по моменту закручивания*, описанный в EN 1090-2:2018, имеет два отличия от ранее описанных способов, регламентированных нормами RCSC и указаниями СП 70.13330.2012. Во первых, коэффициент закручивания принимается согласно информации, указанной производителем болтокомплекта. Во вторых, нормирована величина момента предварительного закручивания болтов – $M =$

$0,75M_r$, тогда как в аналогичных нормах предписывается «плотно затянуть» болты перед окончательным закручиванием на расчетный момент.

Комбинированный способ контроля предполагает, на первом этапе, закручивание болтов до момента $M = 0,75M_r$, и на втором этапе, поворот гайки на определенных угол. Этот способ обеспечивает достаточно высокую точность и позволяет нивелировать один из главных недостатков метода контроля по углу поворота гайки – неопределенность точки начала отсчета угла поворота.

Методы контроля натяжения болта с помощью *болтов с торцевым срезаемым элементом* и с помощью *динамометрических шайб* аналогичны описанным ранее при анализе стандарта RCSC.

Сравнение точности и экономических показателей различных методов контроля усилия натяжения болтов.

Для выбора наиболее перспективного направления исследований необходимо оценить плюсы и минусы различных методов контроля усилия натяжения болтов. Одними из параметров, позволяющих это сделать, могут быть точность метода и его экономические показатели, такие как трудоемкость и материалоемкость. В [2] приводятся следующие величины для различных методов контроля (табл.4).

Табл. 4. Сравнение точности и экономических показателей различных методов контроля усилия натяжения болтов

Метод контроля	Погрешность, % (\pm)	Относительная стоимость затрат
Вручную (неконтролируемая затяжка)	35	1
По моменту затяжки	25	1,5
По углу поворота гайки	15	3
По специальным шайбам	10	7
По удлинению болта	5	15

В исследовании [5], проведенном согласно нормам EN 1090-2:2018, показаны похожие результаты (табл.5).

Табл. 5. Сравнение точности и экономических показателей различных методов контроля усилия натяжения болтов согласно нормам EN 1090-2:2018

Метод контроля	Надежность (процент обеспечения расчетного значения усилия натяжения болта), %
По моменту закручивания	79,4
Комбинированный	100
С помощью болтов с торцевым срезаемым элементом	81
С помощью динамометрических шайб	>95

ВЫВОДЫ

В результате анализа отечественных и зарубежных норм, исследований на тему методов контроля натяжения болтов были сделаны следующие выводы:

1. Как показывает зарубежный опыт, отечественные и иностранные исследования, метод контроля усилия натяжения болта по углу поворота является более точным, чем по моменту затяжки, исключает необходимость трудоемкой тарировки динамометрических ключей и экспериментального определения коэффициента закручивания болтов. Представляется актуальным расширить область применения этого метода, весьма ограниченную, на данный момент указаниями СП 70.13330.2012.

2. Перспективным направлением исследований также является исследование метода контроля усилия натяжения болтов с помощью динамометрических шайб. С его помощью затяжку болтов можно производить без специализированного оборудования с более чем удовлетворительной точностью, но в России этот метод никак не нормирован. Может быть целесообразным более подробно исследовать этот метод.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Василькин А.А., Ахметзянов Р.М.* Определение коэффициента закручивания высокопрочного болтокомплекта для предварительного натяжения // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. Вып. 3. С. 379–390. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.3.379-390.
2. *Иосифлевич Г.Б., Строганов Г.Б., Шарловский Г.Б.* Затяжка и стопорение резьбовых соединений -2-е изд., перераб. и доп. // М.: Машиностроение, 1985.
3. *Каптелин С.Ю., Ростовых Г.Н.* Совершенствование технологии устройства фрикционных соединений // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2015. №3 (44).
4. *Гладштейн Л.И., Какулия Б.Ф., Гафуров Р.В.* Высокопрочные болты для строительных стальных конструкций с контролем натяжения по срезу торцевого элемента // Промышленное и гражданское строительство. 2008. №5.
5. *Jacques Berenbak* Evaluation tightening preloaded bolt assemblies according to EN 1090-2 “Technical requirements for steel structures” for 95% reliability EN 1990 // Delft University of Technology. 2012.
6. *Kulak G.L.* High Strength Bolting for Canadian Engineers // Canadian Institute Of Steel Construction. 2005.
7. *Чесноков А.С., Княжев А.Ф.* Сдвигоустойчивые соединения на высокопрочных болтах // М.: Стройиздат, 1974.

СОПРОТИВЛЕНИЕ МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ С ПЕРЕКРЫТИЯМИ ИЗ ЛЕГКОГО ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА СЕЙСМИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

В.А. Люблинский¹, Н.Н. Люблинская², М.Н. Трофимова¹

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

²Московский финансово-промышленный университет «Синергия», 129090, г. Москва, ул. Мещанская, д. 9/14, стр. 1,

¹lyublinskiyva@mgsu.ru

²nata3407@mail.ru

Аннотация

При строительстве многоэтажных зданий получает распространение новый конструкционный материал - легкий высокопрочный бетон. Этот перспективный материал обусловлен появлением новых специализированных технологий производства составных элементов бетонной смеси и новых технологий возведения высотных зданий. Применение легкого высокопрочного бетона при высотном строительстве позволяет снизить массу несущих конструкций зданий, что наиболее актуально при сейсмическом воздействии. Снижение общей массы монолитного многоэтажного здания и изгибной жесткости перекрытий может привести при действии сейсмических нагрузок к иному напряженно-деформированному состоянию несущих конструкций. Сопротивление реального многоэтажного здания при изгибе и кручении с использованием менее массивных, но прочных перекрытий рассматривается в данной работе. Применение легкого высокопрочного бетона на приведенном примере привело к снижению напряженно-деформированного состояния многоэтажного здания при сейсмических воздействиях.

ВВЕДЕНИЕ

Легкий высокопрочный бетон сочетает в себе положительные свойства легкого бетона с небольшой плотностью и свойства тяжелого бетона, обладающего повышенной прочностью. Уменьшение массы конструкций и увеличение прочности связано с появлением новых технологий целенаправленного подбора, производства заполнителей и всей бетонной смеси и с появлением новых технологий возведения многоэтажных зданий с использованием таких бетонных составов. Подробные обзоры легких высокопрочных бетонов по составу смеси, наполнителям, прочности, деформативности, применяемым технологиям приведены в [1,2].

Снижение собственной массы железобетонных конструкций затрагивает все основные элементы зданий – фундаменты, перекрытия, вертикальные элементы жесткости. Особенно это очевидно для несущих конструкций, работающих в сейсмических районах. На преимуществах таких бетонов и наличия ряда нерешенных задач по их применению обращено внимание в [3]. По ряду отдельных конструкций с различными вариантами по составу, виду легких и высокопрочных бетонов имеются аналитические и экспериментальные исследования [4-8]. Из-за новизны конструкционного материала экспериментальные и теоретические исследования ограничены. При применении легкого высокопрочного бетона происходит изменение осевых, изгибных и крутильных жесткостей несущих систем зданий и сооружений, происходит изменение не только размеров поперечного сечения, армирования, но и модуля упругости железобетонных конструкций. В работах [1,9] отмечается уменьшение модуля упругости для легких конструкционных бетонов, но неоднозначна и сама диаграмма деформирования бетона. Нормативный документ по легким высокопрочным бетонам пока отсутствует. Прочностные свойства бетонов высоких классов приведены в СП 63.13330.2018 и СП 311.1325800.2017, остальные характеристики можно найти весьма приблизительно. Если не принимать во внимание исследования по использованию различных типов, количества, размеров металлических и

неметаллических волокон, то работа конструкционного материала в виде легкого высокопрочного бетона без различных фибр нуждается в дополнительном изучении.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрено сопротивление реального 30-этажного здания с перекрытиями, изготовленными из легкого высокопрочного бетона на действие сейсмической нагрузки. Аналитическая модель здания представлена на рисунке 1 [10]. Расчет модели выполнен с помощью программного комплекса «ЛИРА-САПР». В основу расчета положен метод конечных элементов в перемещениях. Расчет произведен с учетом расчетных сочетаний усилий и расчётных сочетаний нагрузок. Расчётная схема состояла из 256923 узлов и 270566 элементов. Для конструкций из тяжелого бетона приняты исходные данные для В30 по СП 63.13330.2018. Для плит перекрытий из легкого высокопрочного бетона класса В100 использовались следующие данные – прочность бетона на сжатие 47,5 МПа, начальный модуль упругости 24375 МПа, плотность 1830 кг/м³. Данная модель рассматривалась в [10] на действие горизонтальной ветровой и сейсмической нагрузки с тяжелым бетоном и легким высокопрочным бетоном. Приведена оценка усилий и перемещений в элементах модели и всей несущей системе по четырем видам загружений.

К рассматриваемой модели здания приложена стандартная статическая и сейсмическая нагрузка. Использовался линейно-спектральный метод при направлении сейсмического воздействия вдоль оси Y. В основе линейно-спектрального метода положен метод разложения движения системы по формам ее собственных колебаний. Проведен модальный анализ здания для определения собственных форм и частот колебаний.



Рис. 1 - Модель здания

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полученные усилия в несущих элементах здания и перемещения несущей системы свидетельствуют о определённом снижении практически всех параметров напряженно-деформированного состояния многоэтажного здания. На рисунках 2-4 представлены некоторые результаты сопротивления зданий сейсмическим воздействиям с перекрытиями из разных видов конструкционных бетонов. Углы поворота многоэтажного здания снизились на 20,4% (рис. 2). Перемещения несущей системы при применении легкого высокопрочного бетона меньше, чем при использовании обычного тяжелого бетона на незначительную величину 2,6 %. Масса здания уменьшилась, уменьшилась сейсмическая

нагрузка, уменьшился модуль упругости. Какой фактор повлиял на перемещения всей системы предстоит выяснить дополнительно.

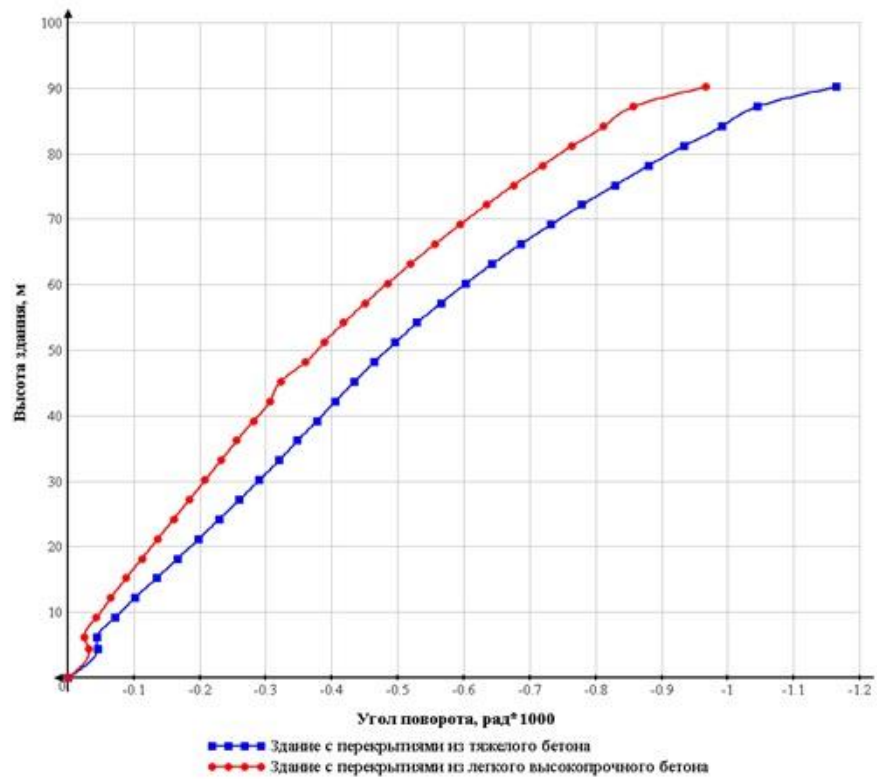


Рис. 2 – Углы поворота несущей системы

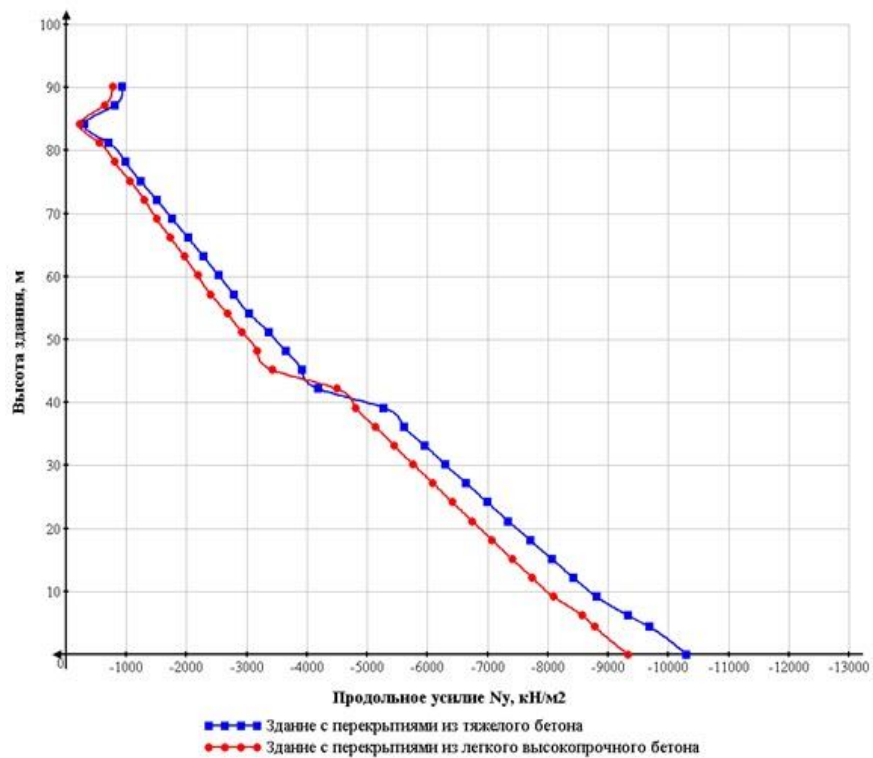


Рис. 3 – Продольные усилия N_u в пилоне

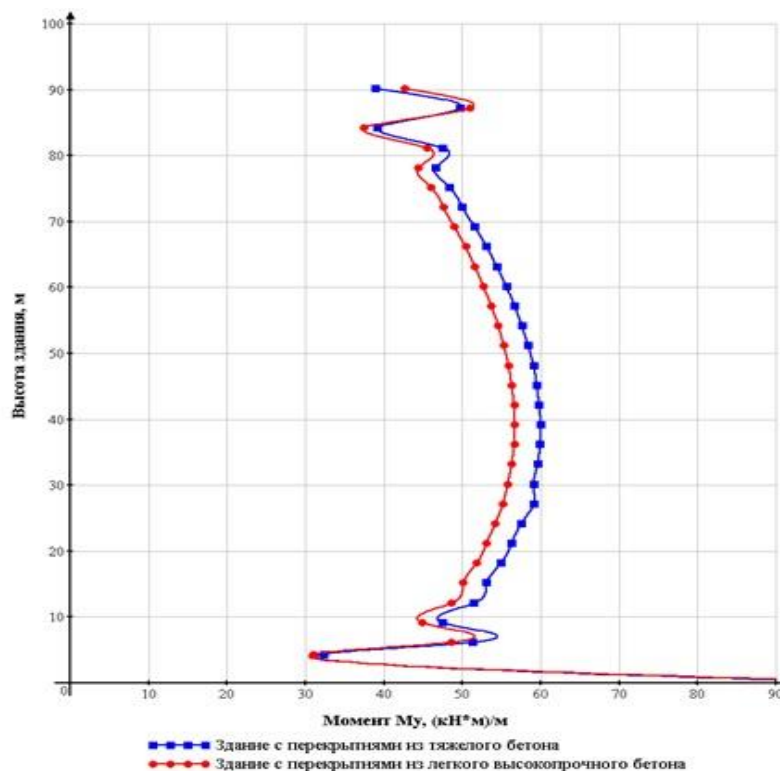


Рис. 4 – Изгибающие моменты M_u в пилоне

На рисунке 5 приведена гистограмма вклада модальных масс форм собственных колебаний в общую массу системы, возбуждаемой по направлению действия сейсмического воздействия. В рамках данной несущей системы учтены первые 12 форм собственных колебаний, так как остальные формы не вносят существенного вклада в общую массу системы и могут быть учтены в виде остаточного члена отброшенных форм колебаний согласно СП 14.13330.2018. Наибольший вклад в общую массу внесли 1, 2, 5 и 6 формы собственных колебаний.

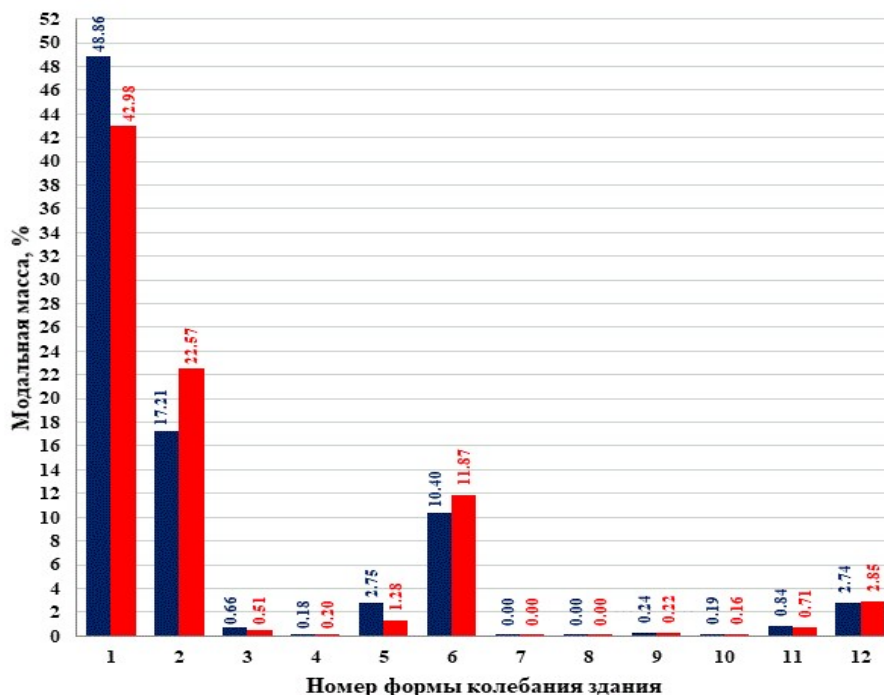


Рис.5 – Гистограмма вклада собственных колебаний в общую массу системы

ВЫВОДЫ

Легкий конструкционный бетон находит ограниченное применение в несущих конструкциях многоэтажных зданий. Появление в практике строительства нового конструкционного бетона с привлекательными положительными свойствами являются основой проведения данных исследований. Высокую прочность бетона и его малую плотность целесообразно использовать в несущих конструкциях при сейсмических воздействиях на здания и сооружения.

Нагружение сейсмической нагрузкой рассматриваемой модели многоэтажного здания с перекрытиями, изготовленными из легкого высокопрочного бетона, показало снижение нормальных усилий в пилонах здания (10,4%), изгибающих моментов (5,7%). Уменьшились перемещения здания и углы поворота перекрытий. Изменилась модальная масса по формам колебаний, периоды колебаний и частота. Первые четыре формы собственных колебаний получены изгибными. Все эти положительные моменты базируются на входных данных, которые нуждаются в уточнении. Прочность бетона, плотность, модуль упругости, деформирование материала при сжатии и растяжении зависят от технологии производства и свойств заполнителей, свойств бетонной смеси. Нормативные документы по применению и проектированию железобетонных конструкций из легкого высокопрочного бетона пока не приняты, что сдерживает появление несущих систем многоэтажных зданий, использующих легкий высокопрочный бетон и обладающих рядом дополнительных положительных качеств.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Sifan M., Nagaratnam B., Thamboo J., Poologanathan K., Corradi M.* Development and perspectives of lightweight high strength concrete using lightweight aggregates // *Construction and Building Materials* 362 (2023) 129628, doi:10.1016/j.conbuildmat.2022.129628
2. *Lu J.-X.* Recent advances in high strength lightweight concrete: From development strategies to practical applications // *Construction and Building Materials* 400 (2023) 132905
3. *Карпенко Н.И., Ярмаковский В.Н.* К нормированию физико-механических характеристик высокопрочных легких бетонов и методам расчета конструкций из них // *Жилищное строительство*. – 2016, № 7, С. 25-28.
4. *Duong T.Q., Vu N.T., Inozemtcev A. S., Korolev E. V.* Possibilities and limitations of high-strength lightweight fiber-reinforced concrete structures // *Journal of Physics: Conf. Series* 1425(2020) 012067. doi: 10.1088/1742-6596/1425/1/012067
5. *Баклыков И.В.* Численный анализ поведения изгибаемых железобетонных балок, изготовленных из легкого высокопрочного бетона, с разным коэффициентом армирования // *Природообустройство*. – 2022, № 4. С. 84-89, doi: 10.26897/1997-6011-2022-4-84-89
6. *Тамразян А.Г., Филимонова Е.А.* Рациональное распределение жесткости плит по высоте здания с учетом работы перекрытия на сдвиг // *Вестник МГСУ* – 2013, № 11. С. 84—90.
7. *Травуш В. И., Карпенко Н. И., Колчунов Вл. И., Каприелов С. С., Демьянов А. И., Конорев А. В.* Результаты экспериментальных исследований конструкций квадратного и коробчатого сечений из высокопрочного бетона при кручении с изгибом // *Строительство и реконструкция*. - 2018, № 6. – С. 32-43.
8. *Yan J.-B., Wang J.-Y., Liew R., Qian X.* Applications of ultra-lightweight cement composite in flat slabs and double skin composite structures // *Construction and Building Materials* 111 (2016) 774-793
9. *Kockal N. U., Ozturan T.* Strength and elastic properties of structural lightweight concretes. // *Materials & Design*, 32(4), (2011), 2396–2403. doi: 10.1016/j.matdes.2010.12.053
10. *Люблинский В.А., Трофимова М.Н.* Деформативность многоэтажного здания с несущими перекрытиями из легкого высокопрочного бетона // *Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения. Материалы Международных академических чтений*. Под редакцией С.И. Меркулова. 2023. С. 86-92.

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ РАСЧЕТА ТОЛСТОСТЕННЫХ ОБОЛОЧЕК НА ДЕЙСТВИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ

Е.О. Хегай¹, В.И. Морозов², А.О. Хегай³

1,2,3 ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4,

¹genehegay1235@mail.ru

²vimorozov51@yandex.ru

³Box-boom@mail.ru

Аннотация

В каждом ядерном реакторе атомных электростанций предусматривается толстостенная железобетонная оболочка - биологическая защита, служащая для предохранения ответственных конструкций реактора от радиационных повреждений и перегрева. В настоящее время при проектировании конструкций реакторов применяется предварительно-напряженный железобетон (ПНЖБ). Настоящая статья посвящена созданию аналитического приближенного метода расчета сферической биологической защиты из малоармированного железобетона и из сталефибробетона на совместное действие температуры и давления. В основе метода расчета положены некоторые предложения к. т. н. А. В. Хольцова, применительно к цилиндрическим корпусам на температурные воздействия, суть которых заключается в применении для сжатой зоны уравнений теорий упругости, а для растянутой – все усилия воспринимаются арматурным слоем. Для полярно-симметрической оболочки на совместное действие температуры и давления решение приводится впервые.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день при строительстве атомных реакторов применяется предварительно-напряженный железобетон (ПНЖБ). В настоящее время накоплен большой опыт эксплуатации корпусов реакторов из ПНЖБ [1, 2, 3, 4]. Несмотря на то, что ПНЖБ отвечает высокой трещиностойкостью – одним из главным критерием при проектировании КВД – его большая стоимость и огромная трудоемкость являются перевешивающими минусами. Дефицит высококвалифицированных специалистов, отсутствие материально-технической базы, 1000 тонные домкраты и мощные арматурные пучки, которые в нашей стране не производятся: все это затрудняет целесообразно использовать ПНЖБ. Сделана попытка повысить надежность биологической защиты за счет замены традиционного бетона со стержневой арматурой, расположенной в растянутой зоне на фибробетон.

Фибробетон – это композитный материал, состоящий из бетонной матрицы и дисперсно армированных волокон (фибр). Фибровое армирование в бетонных конструкциях увеличивает трещиностойкость, также тормозит развитие трещин, и в результате увеличивается пластичность материала, возрастает упругость, а разрушение элемента носит более вязкий характер. Присутствия большого количества отрезков малого диаметра – фибр в отличие от традиционного армирования стержневой арматуры сказывается на эффективном восприятии усилий в различных направлениях. В бетонной матрице с фибровым армированием поле напряжений становится более однородным и выравнивается, в результате чего процесс трещинообразования протекает более равномерно. В фибробетоне изменяется работа материала после образования трещин – способность после появления трещин поглощать энергию [5, 6, 7].

Вышеперечисленные свойства фибробетона создают реальные предпосылки в использовании его в качестве основного материала в конструкциях биологических защит ядерных реакторов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассматриваются два варианта биологических защит сферических форм ядерного реактора, выполненные из сталефибробетона и малоармированного бетона. Расчетная схема представлена в виде полой толстостенной сферы в условиях полярно-симметричного теплового воздействия и постоянного внутреннего давления. Ранее были решены задачи о цилиндрических и сферических оболочках на температурные воздействия [8, 9, 10, 11]. В данной работе рассмотрен случай совместного действия температуры и давления.

Рассмотрим вариант биологической защиты, выполненной из сталефибробетона. Основные допущения [9, 12]:

1. Напряженно-деформированное состояние сжатой зоны сферической оболочки может быть описано уравнениями теории упругости изотропного однородного тела.
2. В растянутой зоне все усилия воспринимаются фибробетоном.
3. В первом приближении считаем, что свойства фибробетона (E – модуль упругости; α – коэффициент линейного температурного расширения) не зависят от температуры и напряженного состояния и считаются постоянными.

Рассматривается решение задачи о внутреннем нагреве и давлении полярно-симметричной оболочки, состоящей из внутреннего сжатого слоя и наружного растянутого слоя фибробетона в окружном направлении, работающей без трещин (упругая стадия). Расчетная схема представлена на рисунке 1.

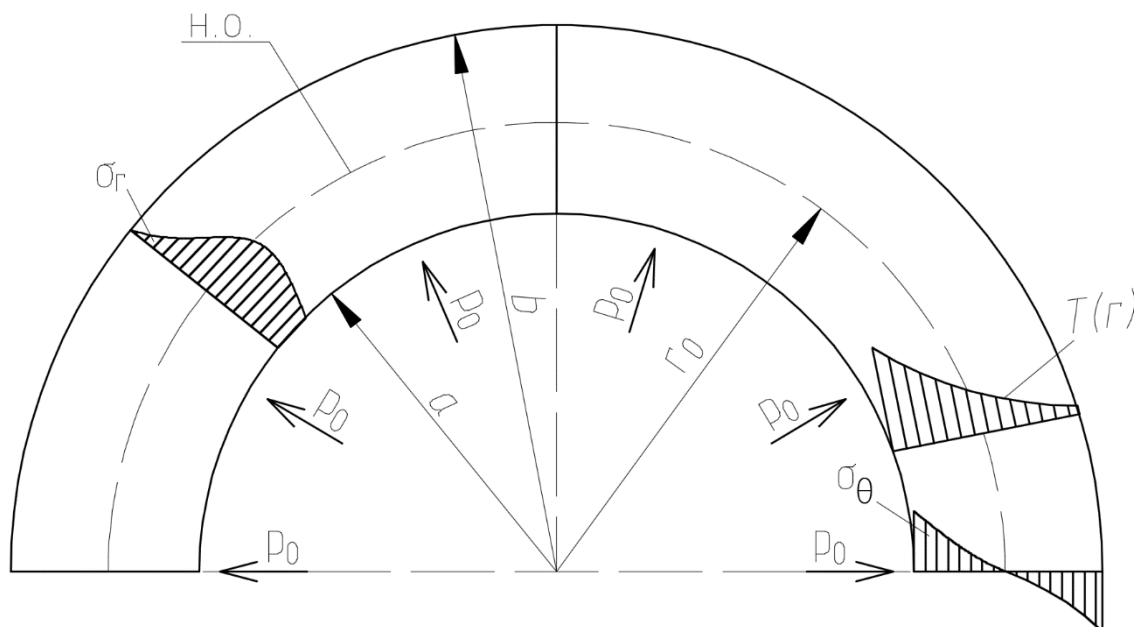


Рис. 1. Расчетная схема сталефибробетонной биологической защиты

Уравнение равновесия для сферической оболочки [13] имеет вид:

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{2}{r}(\sigma_r - \sigma_\theta) = 0, \quad (1)$$

где σ_r – радиальные напряжения, МПа;

σ_θ – окружные напряжения, МПа;

r – радиус, м.

Уравнение совместности деформаций:

$$\varepsilon_\theta - \varepsilon_r + r \frac{d\varepsilon_\theta}{dr} = 0, \quad (2)$$

где ε_r – радиальные деформации;

ε_θ – окружные деформации.

Формула (2) получена из зависимостей Коши:

$$\varepsilon_r = \frac{du}{dr}, \quad (3)$$

$$\varepsilon_\theta = \frac{u}{r}, \quad (4)$$

где u – радиальное перемещение.

Напряжения для изотропного тела связаны с деформациями с помощью обобщенного закона Гука:

$$\varepsilon_r = \frac{1}{E}(\sigma_r - 2\nu\sigma_\theta) + \alpha T, \quad (5)$$

$$\varepsilon_\theta = \frac{1}{E}(\sigma_\theta - \nu(\sigma_r + \sigma_\theta)) + \alpha T, \quad (6)$$

где ν – коэффициент Пуассона;

T – температурная функция.

Совместное решение (1), (2) и (5), (6) дает уравнения для определения напряжений [12, 13]:

$$\sigma_r = -\frac{2\alpha E}{1-\nu} \cdot \frac{1}{r^3} \int_a^r Tr^2 dr + \frac{EC_1}{1-2\nu} - \frac{2EC_2}{1+\nu} \cdot \frac{1}{r^3}, \quad (7)$$

$$\sigma_\theta = \frac{\alpha E}{1-\nu} \cdot \frac{1}{r^3} \int_a^r Tr^2 dr + \frac{EC_1}{1-2\nu} + \frac{EC_2}{1+\nu} \cdot \frac{1}{r^3} - \frac{\alpha ET}{1-\nu}, \quad (8)$$

где C_1 и C_2 – постоянные интегрирования, которые находятся из соответствующих граничных условий: на внутренней поверхности радиальные напряжения равны значению давления, а наружные поверхности сферы свободны от внешних радиальных воздействий, то есть давление по поверхности сферы равно 0. Из формулы (7) можно составить систему уравнений для нахождения значений постоянных интегрирования:

$$\begin{cases} \sigma_r, r=a = \frac{EC_1}{1-2\nu} - \frac{2EC_2}{1+\nu} \cdot \frac{1}{a^3} = -p \\ \sigma_r, r=b = -\frac{2\alpha E}{1-\nu} \cdot \frac{1}{b^3} \int_a^b Tr^2 dr + \frac{EC_1}{1-2\nu} - \frac{2EC_2}{1+\nu} \cdot \frac{1}{b^3} = 0 \end{cases} \quad (9)$$

Решая систему уравнения, можно вывести постоянные интегрирования C_1 и C_2 :

$$C_1 = \frac{2 \cdot (1-2\nu) \cdot C_2}{(1+\nu) \cdot a^3} - \frac{(1-2\nu) \cdot p}{E}; \quad (10)$$

$$C_2 = \frac{\frac{(1+\nu) \cdot \alpha}{(1-\nu) \cdot b^3} \cdot \int_a^b T(r) \cdot r^2 dr + \frac{(1+\nu) \cdot p}{2 \cdot E}}{\left(\frac{1}{a^3} - \frac{1}{b^3} \right)}. \quad (11)$$

Рассмотрим случай биологической защиты, выполненной из малоармированного бетона. Основные допущения [9, 12]:

1. Напряженно-деформированное состояние сжатой зоны сферической оболочки может быть описано уравнениями теории упругости изотропного однородного тела.

2. В растянутой зоне работа бетона не учитывается на растяжение, и все усилия воспринимаются только арматурой.

3. В первом приближении считаем, что свойства бетона (E – модуль упругости; α – коэффициент линейного температурного расширения) не зависят от температуры и напряженного состояния и считаются постоянными.

Рассматривается решение задачи о внутреннем нагреве и давлении полярно-симметричной оболочки, состоящей из внутреннего сжатого слоя бетона и наружного растянутого слоя арматуры в окружном направлении.

На упругой стадии работы материала для определения радиальных и кольцевых напряжений от температурного воздействия и внутреннего давления допускается определять их отдельно друг от друга с последующим их сложением. Расчетные схемы представлены на рисунке 2.

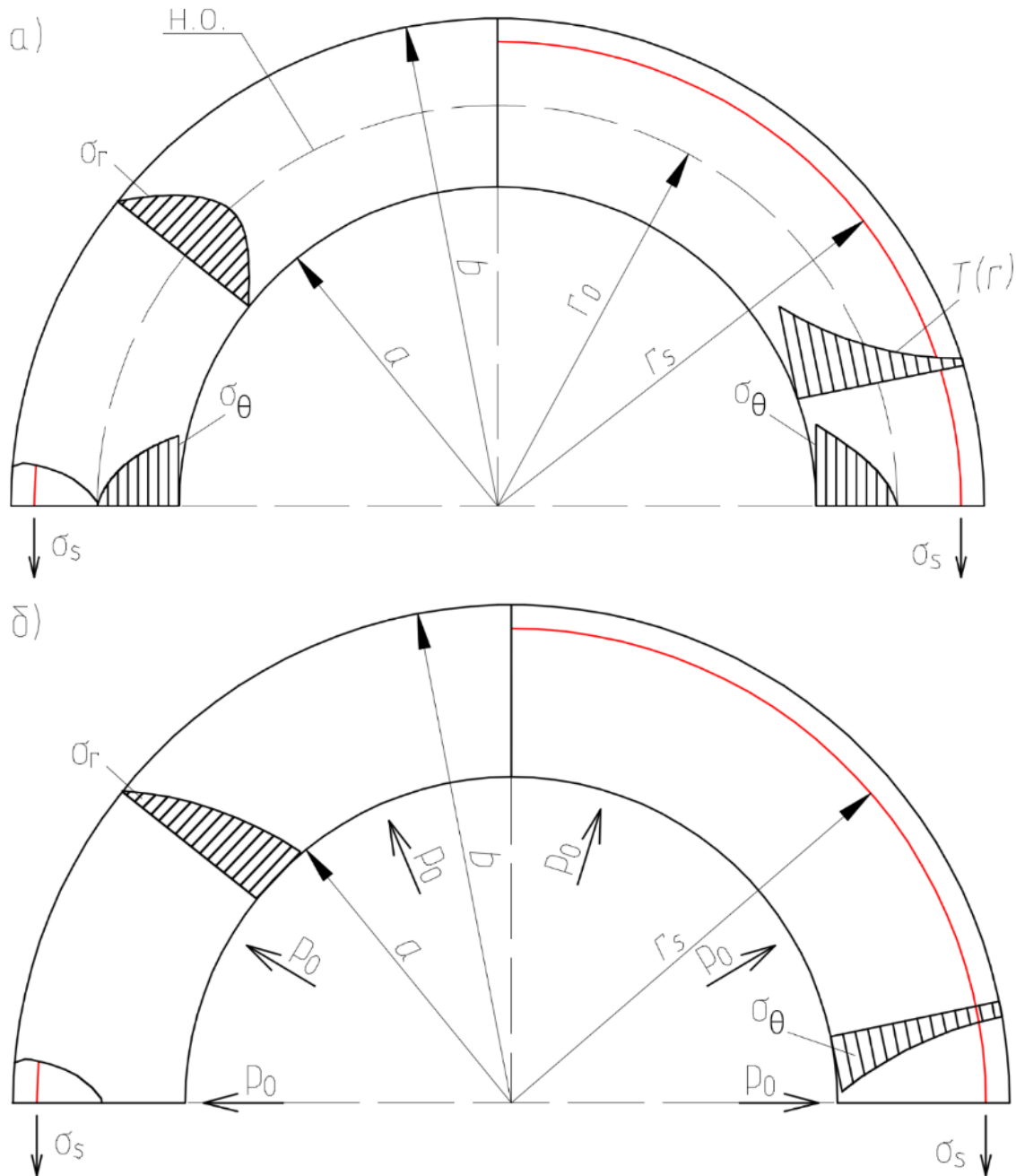


Рис. 2. Расчетная схема малоармированной железобетонной биологической защиты: а) при внутреннем нагреве; б) при внутреннем давлении

Для сжатой зоны на участке $a \leq r \leq r_0$ (здесь r_0 - радиус нейтральной оси для кольцевого направления) справедливы формулы (7) и (8) со следующими граничными условиями: внутренние и наружные поверхности сферы свободны от внешних радиальных воздействий, то есть давление по поверхностям равны 0 [12].

Для определения напряжений от внутреннего давления обратимся к выражениям из [13, 14]:

$$\sigma_r^p = \frac{p \cdot c^3}{1 - c^3} - \frac{p}{1 - c^3} \cdot c^3 \cdot \left(\frac{b}{r}\right)^3; \quad (12)$$

$$\sigma_{\theta}^p = \frac{p \cdot c^3}{1-c^3} - \frac{p}{c^3-1} \cdot c^3 \cdot \left(\frac{b}{r}\right)^3, \quad (13)$$

где p – давление;

$$c = \frac{a}{b}.$$

Для определения напряжений в растянутой арматуре на участке $r_0 < r \leq b$ можно воспользоваться формулами из [9]:

$$u_0 = \frac{1+\nu}{1-\nu} \cdot \alpha \cdot \frac{1}{r_0^2} \int_a^{r_0} T r^2 dr + C_1 r_0 + \frac{C_2}{r_0^2}; \quad (14)$$

$$\sigma_s = E_s (\varepsilon_s - \alpha_s T); \quad (15)$$

$$\sigma_s = E_s \left(\frac{u_0}{r_s} + \frac{1}{r_s} \cdot \alpha_s \int_{r_0}^{r_s} T dr - \alpha_s T \right). \quad (16)$$

Таким образом напряжения в сжатой зоне определяются:

$$\sigma_r = \sigma_r^p + \sigma_r^T; \quad (17)$$

$$\sigma_{\theta} = \sigma_{\theta}^p + \sigma_{\theta}^T, \quad (18)$$

а напряжения в растянутой зоне:

$$\sigma_r = \sigma_r^p + \sigma_s. \quad (19)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Используя вышеописанные аналитические методы выполним расчет для сферических оболочек со следующими исходными данными: $a=0,23$ м, $b=0,36$ м, линейная температурная функция: $T(r) = \frac{(T_1-T_2)a}{b-a} \cdot \left(\frac{b}{r}-1\right)$, где $T_1=100$ °С – температура на внутреннем радиусе сферы, $T_2=20$ °С – температура на наружном радиусе сферы, внутреннее давление $p = 7$ кПа. Полученные результаты аналитических расчетов представлены на рисунках 3 и 4.

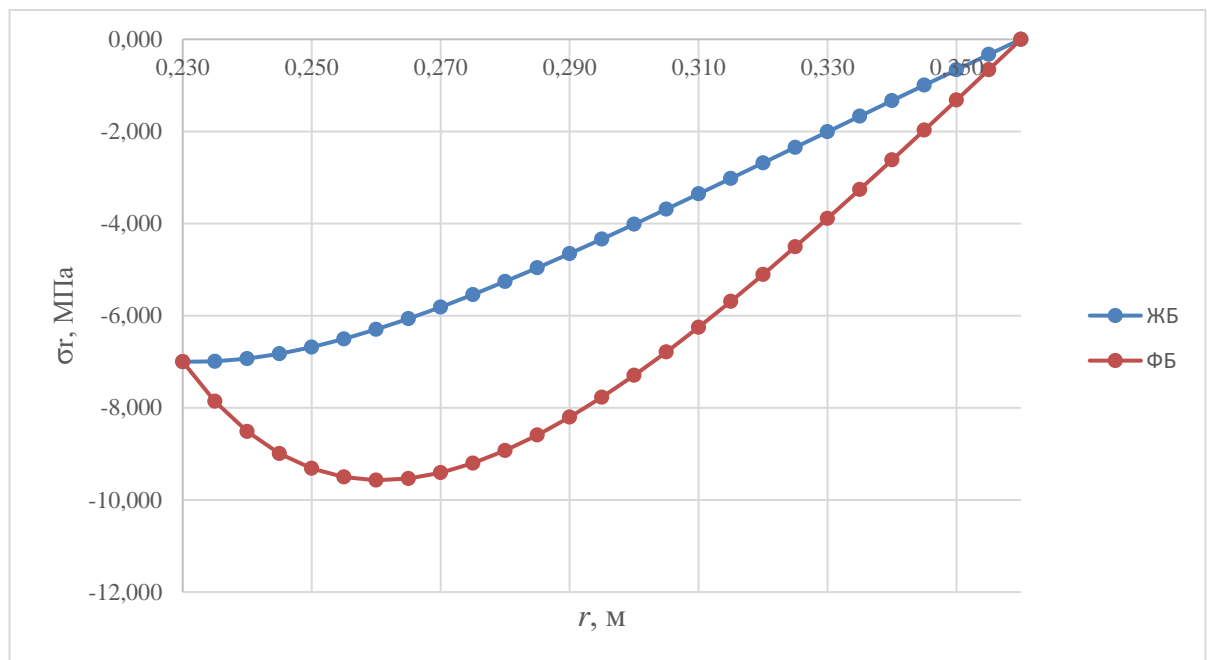


Рис. 3. Значения радиальных напряжений по толщине фибробетонной и железобетонной сфер

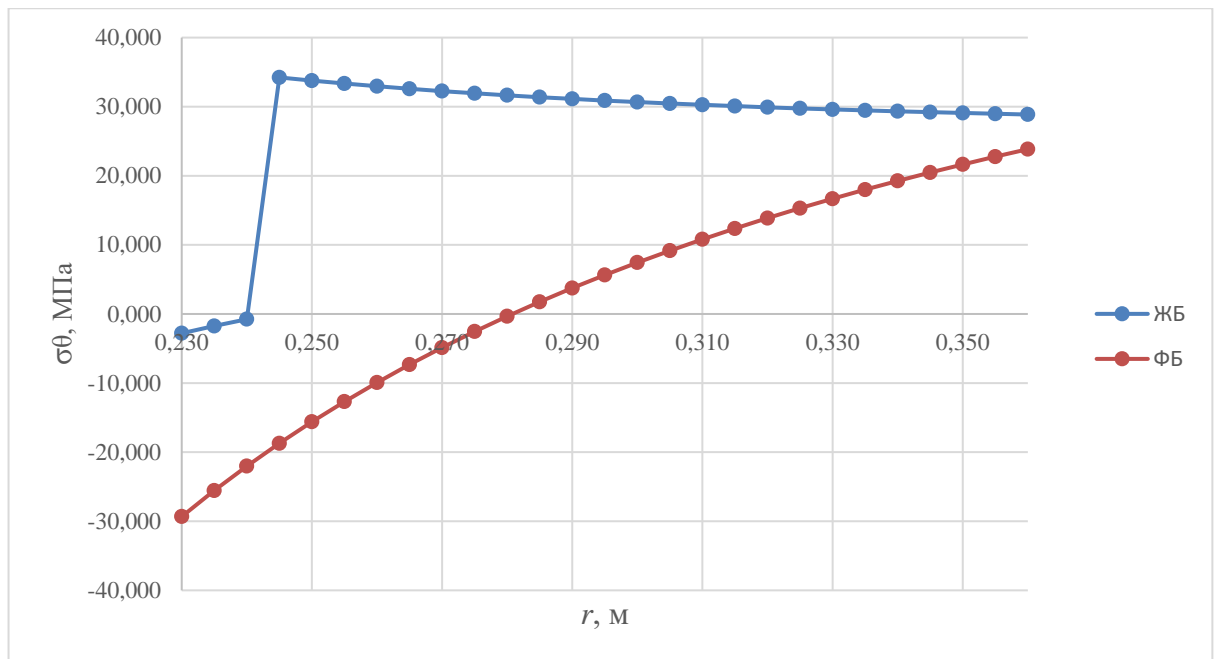


Рис. 4 – Значения тангенциальных напряжений по толщине фибробетонной и железобетонной сфер

ВЫВОДЫ

Анализируя полученные графики значений радиальных и тангенциальных напряжений можно обнаружить, что в отличие от малоармированной железобетонной оболочки фибробетонная имеет гораздо меньшие значения тангенциальных напряжений в середине и на наружной поверхности сферы. В фибробетонной оболочке радиус нейтральной оси получился гораздо больше (0,283 м), в отличие от железобетонной (0,242 м). Это означает, что в варианте с железобетонной оболочкой в целях безопасности необходимо предусматривать установку арматурных стержней вблизи внутренней поверхности биологической защиты.

Сравнивая полученные результаты с численными и экспериментальными исследованиями [8, 9, 10] можно сделать вывод о том, что рассматриваемая методика расчета дает адекватные значения и подходит для эскизного проектирования малоармированных и фибробетонных биологических защит.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кириллов, А.П. Железобетонные корпуса ядерных реакторов / А.П. Кириллов, - М.: Энергоатомиздат, 1988. 248 с.
2. Кириллов, А.П. Корпусов высокого давления из предвальтельно-напряженного железобетонна (Обзорная информация) / А.П. Кириллов, Ю.Б. Николаев, В.Г. Богопольский // М.: Информэнерго, 1986. (Сер.3 Атомные электростанции, вып.1)
3. Миренков, А.Ф. Экспериментальное исследование модели корпуса высокого давления из предвальтельно-напряженного железобетона / А.Ф. Миренков, Д.Ф. Толорая, К.Н. Федоров и др. // М.: ЦНИИАтомиформ. 1971. С. 3 – 12.
4. Павлов, П. Г. Напряженно-деформированное состояние элементов железобетонных корпусов высокого давления с учетом физической нелинейности материала / П. Г. Павлов // Автореф. дис.... канд. техн. наук. - М.: МИСИ, 1990. - 23 с.
5. Пухаренко Ю. В. Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетонов: автореф. дисс. ... док. техн. наук. СПб., 2004. – 46 с.
6. Хегай, А. О. Внецентренно сжатые элементы из фибробетона, армированные высокопрочной арматурой: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / А. О. Хегай; СПбГАСУ. – СПб., 2011. – 163 с.
7. Опбул, Э. К. Эффективное использование высокопрочной арматуры в изгибаемых элементах без предварительного напряжения: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Э. К. Опбул; СПбГАСУ. – СПб., 2005. – 152 с.
8. Хольцов А.В. О расчете железобетонной защиты реактора на раскрытие трещин при температурных

- воздействиях // в сб.: «Материалы и конструкции защит ядерных установок», №99/ - МИСИ им. В.В. Куйбышева, 1972.
9. Морозов В.И. Исследование напряженно-деформированного состояния и трещиностойкости толстостенных цилиндрических конструкций из дисперсно-армированного железобетона с высоким содержанием арматуры при неравномерном нагреве: дис. ... канд. техн. наук: / В.И. Морозов; ЛИСИ. – Л., 1977 – 260 с.
 10. Юй Хуэй. Напряженно-деформированное состояние корпуса сферической формы из тяжелого армоцемента при внутреннем нагреве и высоком давлении: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Юй Хуэй; СПбГАСУ. – СПб., 2013 – 180 с.
 11. Фан Ван Фук. Разработка эффективного метода расчета напряженного состояния и прочности торцовых элементов корпусов высокого давления для энергетических и специальных технологий: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Фан Ван Фук; СПбГАСУ. – СПб., 2019 – 140 с.
 12. Морозов В. И., Пухаренко Ю.В., Хегай Е.О. К расчету железобетонной биологической защиты сферического реактора // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 5. С. 4-8.
 13. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости (перевод с английского). Гл. ред. Физ.-мат. Лит. Изд-ва «Наука», 1975., 576 с.
 14. G. Lamé, *Lecons sur la Theorie... de l'Elasticite, Paris, 1852 – 360 p.*

ЧИСЛЕННОЕ И ФИЗИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДВОЙКОЙ КРИВИЗНЫ

С.С. Шилов¹, А.В. Симонов², П.А. Хазов³

1,2,3 ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (ННГАСУ)», Россия, г. Н. Нижний, ул. Ильинская, д. 65,

¹sergey.shilov.1997@mail.ru

²simonov.alex.nn@gmail.com

³khazov.nngasu@mail.ru

Аннотация

Данная статья посвящена численному и экспериментальному исследованию ветровых нагрузок на криволинейные поверхности двойкой кривизны.

В работе представлены результаты анализа воздействия ветра на поверхности, обладающие сложной геометрией. Метод численного моделирования применяется для оценки динамических воздействий ветрового давления на данные поверхности. Статья охватывает широкий спектр аспектов, включая разработку математических моделей для описания формы поверхностей, описание граничных и начальных условий и представление численных результатов. Приводится описание порядка проведения физического эксперимента в аэродинамической трубе, а также требования, предъявляемые к экспериментальному макету.

Приводятся результаты распределения ветровых давлений по поверхности сооружения в виде цветовых изополей. Полученные данные предоставляют важную информацию для инженеров, занимающихся проектированием зданий и сооружений со сложной геометрией.

ВВЕДЕНИЕ

Аэродинамика – раздел механики, в котором изучаются законы движения воздуха и силы, возникающие на поверхности тел, относительно которых происходит его движение. [1].

В современной инженерной практике разработка сложных архитектурных и инженерных конструкций требует всестороннего понимания воздействия различных факторов, в том числе и ветровых нагрузок. Особое внимание уделяется объектам с криволинейной геометрией, представляющим собой вызов для проектировщиков. Данная проблематика изучается уже давно как отечественными, так и иностранными учеными [2-6]. Данная статья посвящена численному и экспериментальному исследованию распределения ветровых нагрузок по криволинейным поверхностям с двойкой кривизной.

Криволинейные поверхности, обладающие сложной геометрией по двум направлениям, представляют собой особый класс объектов, для которых отсутствуют данные, позволяющие объективно оценивать влияние ветровых потоков. В данном исследовании мы стремимся расширить понимание динамических воздействий ветрового давления на подобные поверхности с использованием различных методов моделирования.

В настоящем исследовании было поставлено несколько ключевых задач: разработка математических моделей, описывающих геометрию криволинейных поверхностей; анализ влияния параметров двойной кривизны на ветровые нагрузки; представление результатов численного моделирования и физического эксперимента. Этот комплексный подход позволяет нам не только лучше понять воздействие ветра на сложные геометрические формы, но и обеспечивает ценными данными для оптимизации инженерных конструкций. Основной задачей статьи было сравнить результаты физического и численного моделирования сооружения для дальнейшего анализа полученных значений. В целом, данная статья стремится внести вклад в развитие области исследования ветровых нагрузок на криволинейные поверхности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования было взято сооружение, имеющее покрытие в виде поверхности второго порядка. Сооружение представляет собой круглое в плане здание диаметром 50,0 м и высотой 15,0 м (рис. 1).

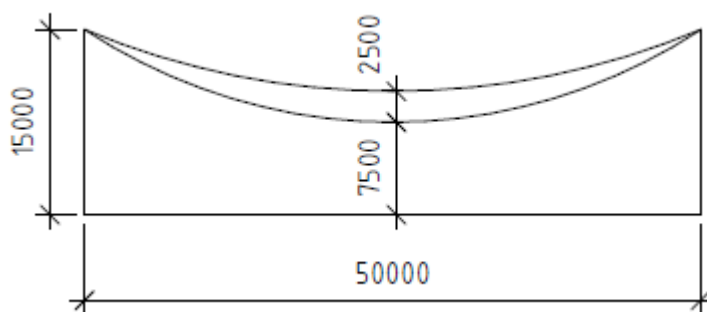


Рис.1. Геометрическая схема исследуемого сооружения

Рассматриваемая поверхность второго порядка описывается каноническим уравнением:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 2z.$$

Для возможности сравнения результатов численного моделирования и физического эксперимента использовались данные для одного и того же ветрового района (в настоящей статье использовался III ветровой район, тип местности - B).

В настоящее время разработано большое число универсальных программных комплексов, реализующих *CFD*-технологии математического моделирования (*CFD* – *Computational Fluid Dynamic*) и позволяющих численно моделировать распределение ветровых давлений по поверхности сооружений вследствие обтекания твердых тел потоками несжимаемой жидкости. Численное моделирование ветровых потоков на здание в *Ansys CFX* — это процесс решения уравнений движения воздуха вокруг здания с использованием компьютерных программ.

Численные методы исследования распределения давлений по поверхности покрытия основаны на решении уравнений Навье-Стокса, описывающих обтекание твердого тела потоком сжимаемой жидкости [7]. Кроме того, при моделировании ветровых потоков допускаются некоторые упрощения: потоки предполагаются несжимаемыми и изотермическими, массовые силы не учитываются.

Размеры рабочего пространства были приняты в соответствии с [7] в зависимости от максимального размера объекта: $A \geq 5H_{\max}$, $B \geq 5H_{\max}$, $C \geq 15 H_{\max}$, $D \geq 6H_{\max}$ (рис. 2). Построение расчетной схемы производилось в программе *SpaceClaim* среды *Ansys Workbench*. Для создания расчетной сетки конечных элементов применялся сеточный препроцессор *Ansys Meshing*. Для корректного воспроизведения течения в настройках сеточного генератора задавалось сгущение элементов сетки к поверхности сооружения. Задавались граничные и начальные условия расчетной области:

- на входе в расчетную область задается профили скорости ветрового потока и параметров турбулентности (интенсивность и масштаб длины вихрей);
- на выходе – условие постоянства давления (относительное давление равно 0 Па);
- на удаленных внешних боковых и верхней границах – условие симметрии;
- на границе объекта исследования и нижней границе области – условие стенки без скольжения.

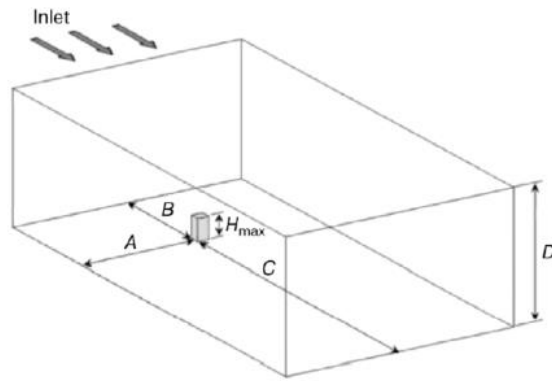


Рис. 2. Размеры расчетной области

Профиль скорости ветра определяется на основании действующих нормативных документов по формуле (2) [8]:

$$U(z) = U_o \left(\frac{z}{z_o}\right)^\alpha, U_o = \left(\frac{2w_o}{\rho}\right)^{0.5}.$$

где, $w_o = 0,38 \text{ кПа} = 380,0 \text{ Па}$ – нормативное значение ветрового давления для III ветрового района по табл. 11.1 [9];

$\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха при нормальных атмосферных условиях;

$z_o = 30,5$, $\alpha = 0,2$ – параметры, определяемые типом шероховатости местности по табл. 4 [8] как для типа местности B.

Полученная функция профиля ветра задается в *ANSYS CFX*.

В российских нормативных документах отсутствуют данные о распределении параметров турбулентности с изменением высоты, поэтому было принято решение обратиться к иностранным нормам [10]. Изменение интенсивности турбулентности с высотой можно определить по формуле 4.7 [10]:

$$I_v(z) = \frac{k_l}{c_o(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_o}\right)}.$$

$k_l = 1,0$ – параметр турбулентности, принимаемый по рекомендациям [10];

$c_o(z) = 1,0$ – топографический коэффициент;

$z_o = 0,3$ – длина шероховатости, определяемые по табл. 4.1 [10].

Изменение масштаба длины турбулентности с высотой можно определить по формуле В.1 [10]:

$$L(z) = L_t \left(\frac{z}{z_t}\right)^\alpha.$$

$z_t = 200,0 \text{ м}$ – контрольная высота;

$L_t = 300,0 \text{ м}$ – контрольная длина турбулентности.

Коэффициент определяется по следующей зависимости:

$$\alpha = 0,67 + 0,05 \ln(z_o) = 0,67 + 0,05 \ln(0,3) = 0,61.$$

В результате итерационного расчета были получены данные о распределении ветрового давления по поверхности здания и визуализации его обтекания воздушным потоком.

Для проведения физического моделирования проекта был изготовлен макет сооружения с целью определения значений аэродинамических коэффициентов в специализированной трубе. Для повышения качества и точности модели, а также сокращения сроков изготовления, была применена технология 3-Д печати с применением полимерных материалов (рис. 3). Масштаб макета составил 1:150 с целью выполнения требования к линейному масштабу.



Рис. 3. Изготовленный макет для физических испытаний

Для физических испытаний была использована аэродинамическая труба, расположенная в лаборатории кафедры «Отопление и вентиляция» на базе ННГАСУ. Принципиальная схема трубы представлена на рисунке 4.

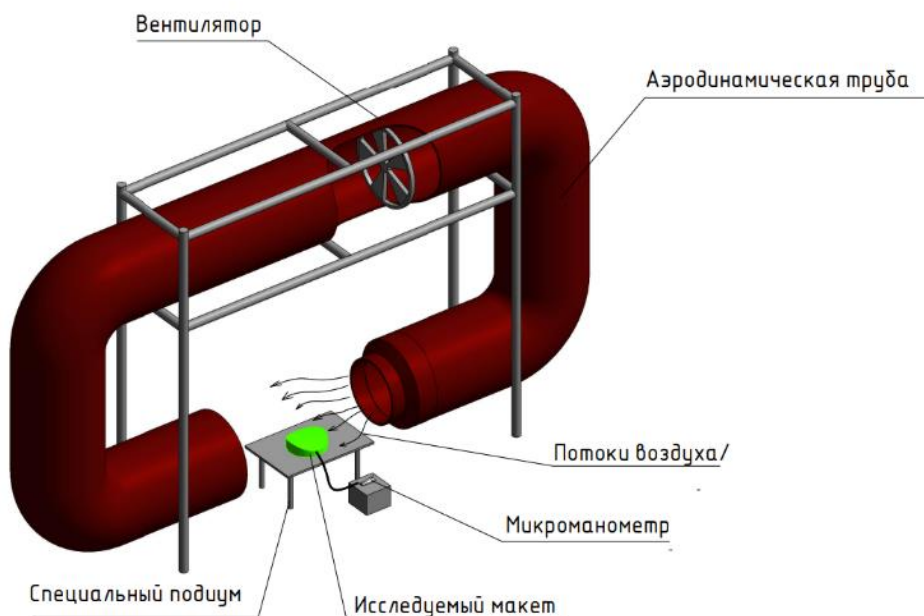


Рис. 4. Принципиальная схема аэродинамической трубы

Эксперимент проводился при направлении ветровых потоков по двум взаимно перпендикулярным направлениям. При проведении эксперимента использовался спиртовой микроанометр, при помощи которого определялись показатели по формуле:

$$c_e = \frac{p_{пов}}{p_0}$$

В данной формуле: $p_{пов}$ – давление, измеренное в изучаемой точке, p_0 – динамическое давление, создаваемое ветровым потоком на вертикальную плоскость.

С целью определения значения аэродинамических показателей на поверхности сооружения намечаются отверстия для замера давлений. Схема расположения отверстий представлена на рисунке 5.

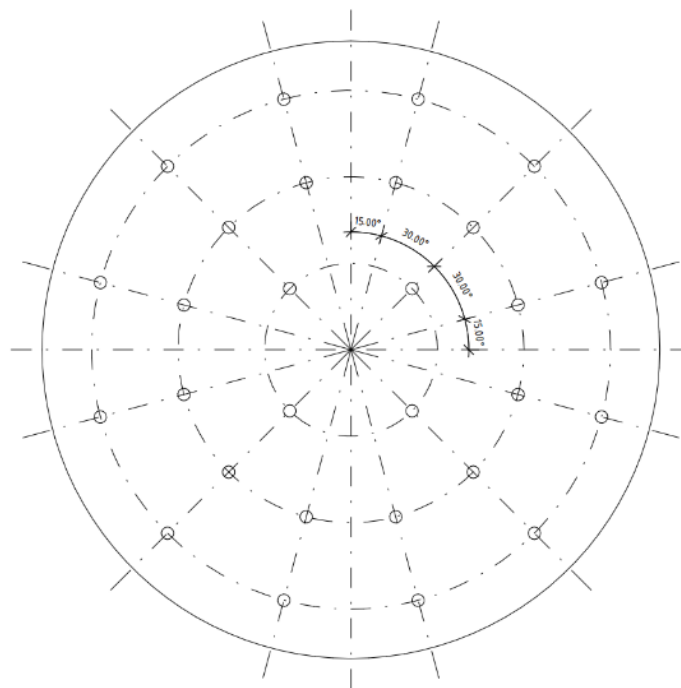


Рис. 5. Схема расположения исследуемых точек покрытия стадиона

Далее по найденным значениям аэродинамических коэффициентов определялись значения ветровых давлений на поверхности сооружения по действующим нормативным документам.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате итерационных расчетов в *CFX-Solver* достигалась необходимая сходимость решений основных уравнений гидрогазодинамики. Окончанием расчета считалось достижение сходимости 10^{-4} или выход графика равнодействующих сил, действующих на сооружение, на горизонталь. В результате получены изополя распределения ветровых давлений по поверхности двоякой кривизны по двум направлениям (рис.6, 7).

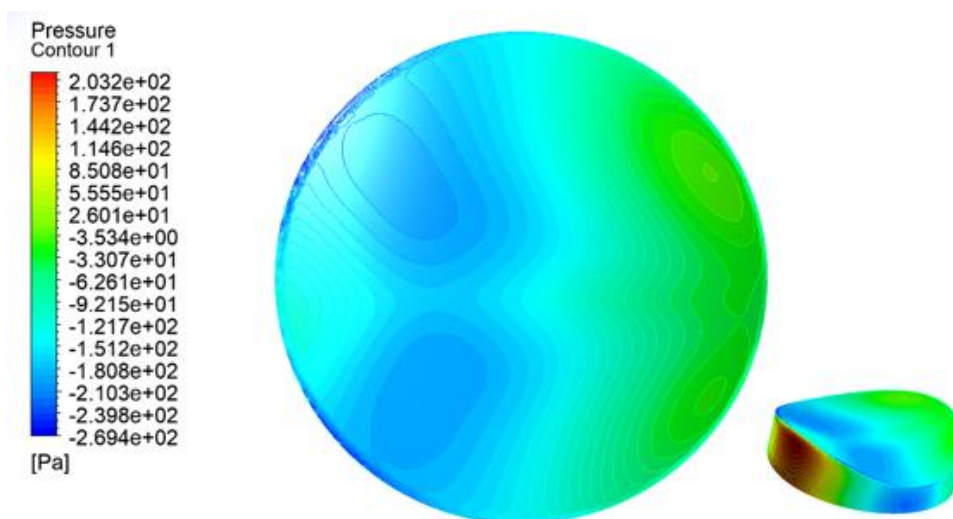


Рис.6. Изополя ветровых давлений, полученных в результате численного моделирования в ПВК Ansys CFX по направлению 1

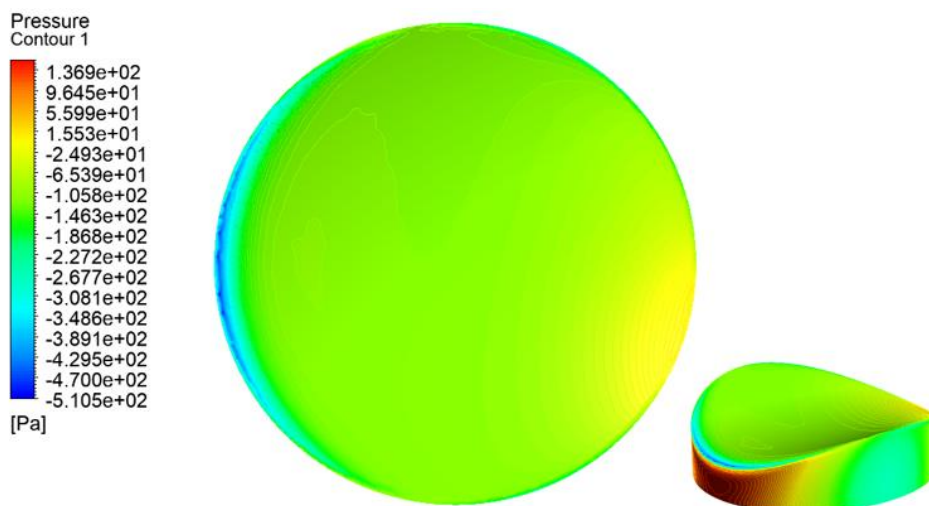


Рис.7. Изополя ветровых давлений, полученных в результате численного моделирования в ПВК Ansys CFX по направлению 2

Физический эксперимент является наиболее трудо- и времязатратным по сравнению с численным моделированием. В процессе исследования в аэродинамической трубе определялись аэродинамические коэффициенты для каждой исследуемой точки, а затем определялись ветровые давления. Полученные результаты для более наглядного представления сведены в таблицы 1, 2 по направлению 1 и таблицы 3, 4 по направлению 2.

Табл. 1. Значения аэродинамических коэффициентов (направление 1)

№ п/п	1	2	3	4	5	6
1	0,18	-	-0,12	-0,48	-	-0,66
2	-	0,12	-0,24	-0,30	-0,48	-
3	0,24	0,18	-0,24	-0,54	-0,54	-0,42
4	0,24	0,18	-0,24	-0,54	-0,54	-0,42
5	-	0,12	-0,24	-0,30	-0,48	-
6	0,18	-	-0,12	-0,48	-	-0,66

Табл. 2. Значения ветровых давлений (направление 1), Па

№ п/п	1	2	3	4	5	6
1	51,3	-	-34,2	-136,8	-	-188,1
2	-	34,2	-68,4	-85,5	-136,8	-
3	68,4	51,3	-68,4	-153,9	-153,9	-119,7
4	68,4	51,3	-68,4	-153,9	-153,9	-119,7
5	-	34,2	-68,4	-85,5	-136,8	-
6	51,3	-	-34,2	-136,8	-	-188,1

Табл. 3. Значения аэродинамических коэффициентов (направление 2)

№ п/п	1	2	3	4	5	6
1	0,00	-	-0,17	-0,17	-	-0,44
2	-	-0,11	-0,17	-0,11	-0,22	-
3	-0,06	-0,17	-0,22	-0,28	-0,22	-0,39
4	-0,06	-0,17	-0,22	-0,28	-0,22	-0,39
5	-	-0,11	-0,17	-0,11	-0,22	-
6	0,00	-	-0,17	-0,17	-	-0,44

Табл. 4. Значения ветровых давлений (направление 2), Па

№ п/п	1	2	3	4	5	6
1	0,0	-	-47,5	-47,5	-	-126,7
2	-	-31,7	-47,5	-31,7	-63,3	-
3	-15,8	-47,5	-63,3	-79,2	-63,3	-110,8
4	-15,8	-47,5	-63,3	-79,2	-63,3	-110,8
5	-	-31,7	-47,5	-31,7	-63,3	-
6	0,0	-	-47,5	-47,5	-	-126,7

На основании полученных значений были построены изополя распределения ветровых давлений по покрытию сооружения (рис. 8, 9).

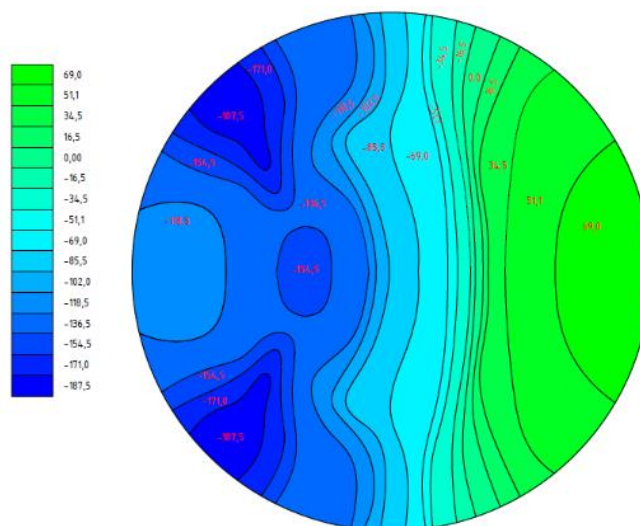


Рис. 8. Изополя ветровых давлений, полученных в результате численного моделирования в ПВК Ansys CFX по направлению 1

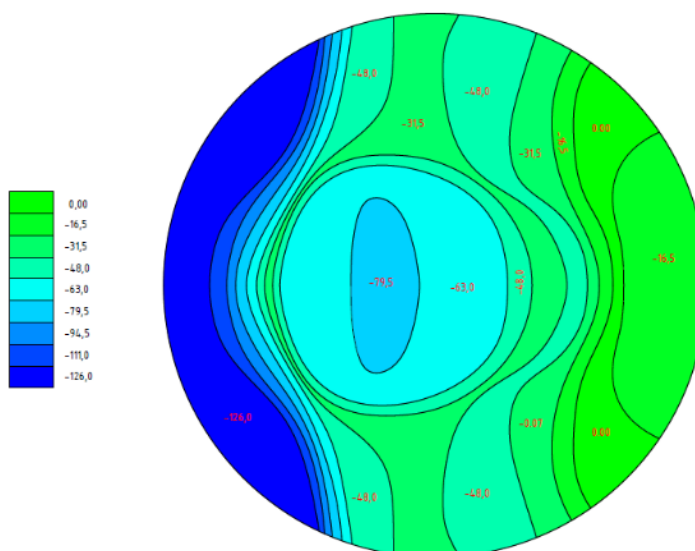


Рис. 9. Изополя ветровых давлений, полученных в результате численного моделирования в ПВК Ansys CFX по направлению 2

ВЫВОДЫ

На основании обработки результатов можно сделать следующие выводы:

– При численном моделировании ветровых потоков по направлению 1 было установлено, что на покрытии возникает преимущественно отрицательные давления, но

также есть зоны ветрового напора. Наиболее нагруженными являются юго-западный и северо-западный участки покрытия, давление на них составляет около $-210,0$ Па. Положительные давления возникают на противоположной стороне покрытия по отношению к направлению ветровых потоков, значения составляют около $100,0$ Па;

– Численное исследование ветровой нагрузки при ориентации потоков по направлению 2 показало, что на всем покрытии возникает ветровой отсос с преобладающим значением давления около $-140,0$ Па. На передней кромке происходит срыв потоков и локальные увеличения давления до $-300,0$ Па. На задней кромке значения ветровых давлений приближены к нулевому значению;

– Физическое исследование по направлению 1 показало, что на покрытии возникает преимущественно отсос с возникающим на противоположной стороне положительным давлением. Наибольшее давление возникает на северо-западной и юго-западной части поверхности. Диапазон ветровых давлений находится в пределах от $-190,0$ Па до $70,0$ Па;

– После обработки результатов физического эксперимента по направлению 2 было выявлено, что наибольшие ветровые давления образуются на передней кромке и составляют $-126,0$ Па. На задней кромке значения близки к нулевому значению;

– Изополя ветровых давлений, полученных в ходе численного моделирования и физического эксперимента, имеют схожий характер распределения. Числовые значения также имеют хорошую сходимость. Отличие заключается в том, что при численном моделировании можно наблюдать локальные участки увеличения и уменьшения ветровых давлений, так как при физическом эксперименте из-за малости масштаба модели проблематично измерить давления вблизи кромок.

В общем и целом, можно сделать вывод о том, что при проведении физического эксперимента в аэродинамической трубе и численном моделировании в Ansys CFX наблюдается высокая сходимость результатов как по характеру распределения ветрового давления, так и в численном эквиваленте. Таким образом, при реальном проектировании зданий и сооружений, имеющих покрытия в виде криволинейных поверхностей, для учета ветровых нагрузок необходимо использовать комплексный подход, заключающийся в создании макета сооружения для эксперимента в аэродинамической трубе и численное моделирование с использованием программных комплексов, в которых реализованы CFD-технологии.

При дальнейшем изучении данного типа покрытия планируется вывести аналитическую формулу для возможности предсказания распределения ветровых потоков по поверхности в первой итерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прохоров А.М. Физический энциклопедический словарь / А.М. Прохоров – М.: Советская энциклопедия, 1983. – 944 с.;
2. Поддаева О.И. Архитектурно-строительная аэродинамика / О.И. Поддаева, И.В. Дуничкин // Вестник МГСУ / НИУ МГСУ – Москва, 2017. - №6. – с. 602-609;
3. Лампси Б.Б. Определение аэродинамических коэффициентов большепролетного покрытия экспериментальным методом / Б.Б. Лампси, С.С. Шилов, П.А. Хазов, А.В. Февральских // Приволжский научный журнал /Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2021. – № 3. – С. 17-24.;
4. Айрапетов, А.Б. Расчетные и экспериментальные исследования обтекания высотных зданий и сооружений атмосферным ветром в условиях городской застройки / А.Б. Айрапетов, В.В. Вышинский, А.В. Катунин // Труды МФТИ. – Москва, 2017. - том 9. - №2. – С.5-12.;
5. Муцанов В.Ф. Исследование аэродинамических коэффициентов провисающих мембранных покрытий инженерных сооружений / В.Ф. Муцанов, А.В. Зубенко, А..А. Дроздов // Металлические конструкции. – Макеевка, 2017. - №2. – Том 23. – С. 81-96;
6. Гельбахт Д. Экспериментальное и численное исследование влияния покрытия на характеристики ветрового потока между соседними зданиями / Гельбахт Д., Буйрук А., Шахин Б., Карабулут К., Алнак А. // 8-я Международная конференция по передовым технологиям. – Элязыг, 2017. – с. 1648-1655;
7. Темам Р. Уравнения Навье – Стокса. Теория и численный анализ / Р. Темам – М.: Мир, 1981. – 2-е изд.– 408с.;
8. ГОСТ Р 56728-2015 Здания и сооружения. Методика определения ветровых нагрузок на ограждающие здания. – М.: 2016;

9. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* - М.: Минстрой России, 2016. – 80 с.;
10. EN 1991-1-4:2005+A1 Еврокод 1: Воздействия на сооружения – Часть 1-4: Основные воздействия – Ветровые нагрузки (2010). Управление сектора гражданского строительства, Великобритания.

СЦЕПЛЕНИЕ С БЕТОНОМ БУНТОВОЙ АРМАТУРЫ МАЛЫХ ДИАМЕТРОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

В.Д. Терин¹, К.Е. Дрога²

¹Научно-исследовательский центр "Строительство", (НИИЖБ) Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева, 109428, г. Москва, ул. Институтская 2-я, д. 6,

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹terin@bk.ru

²kirill-515@mail.ru

Аннотация

В статье выполнен анализ особенностей технологии производства и применения бунтовой арматуры малых диаметров. Дано описание и представлены параметры предлагаемого периодического профиля. Приведен анализ факторов влияющих на сцепление арматуры с бетоном и показано, что предлагаемый периодический профиль имеет принципиально иной характер сцепления с бетоном, чем серийно производимые профили. Описана методика экспериментальных исследований оценки сцепления с бетоном трех видов профилей и представлены результаты данных исследований и их анализ. Приведены графики полученных зависимостей перемещения незагруженного конца арматуры от напряжения сцепления для исследуемых профилей. Сформулированы выводы о эффективности предлагаемого профиля для бунтовой арматуры малых диаметров и мероприятия, которые необходимо выполнить для внедрения ее в производство.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы основной рабочей ненапрягаемой арматурой железобетонных конструкций стала арматура класса А500 в сортаменте $6\div 40$ мм. Она преимущественно производится по технологии термомеханического упрочнения в потоке прокатного стана. В процессе производства из-за высокой скорости прокатки ($80\div 100$ м/сек) и низкой жесткости стержней, арматура малых диаметров 6 и 8 мм сматывается в бунты. Особенностью бунтовой арматуры является более высокая изменчивость механических свойств, чем стержневой, поставляемой пакетами прямолинейных прутков мерной длины. Кроме этого, при размотке бунтов на правильно-отрезных станках она подвергается пластической деформации в холодном состоянии, что увеличивает прочностные характеристики и уменьшает пластические. При этом происходит также стачивание (уменьшение высоты) ребер периодического профиля.

Назначение геометрических размеров и вида периодического профиля является сложной задачей, поскольку при этом должны удовлетворяться противоречащие друг другу требования.

Для арматуры А500 диаметров 6 и 8 мм разработан новый вид профиля, более технологичный при производстве по сравнению с профилями по ГОСТ 5781 [1] и ГОСТ 10884 [2]. Кроме этого его конструкция позволяет использовать всю площадь сечений для восприятия механических напряжений, обеспечивая при этом сцепление с бетоном за счет заклинивания при смещении [3].

Периодический профиль арматуры – один из основных факторов, влияющих на сцепление с бетоном, обеспечивающий их совместную работу и надежность железобетонных конструкций.

За оценку влияния параметров периодического профиля стержневой арматуры на сцепление с бетоном обычно принимается отношение высоты поперечных выступов к их шагу h_b/t и величина относительной площади смятия (критерий Рэма - f_R), равная отношению площади смятия к площади контакта арматуры с бетоном [3, 5].

$$f_R = \frac{F_R}{\pi \cdot d_n \cdot t}; \quad (1)$$

где F_R - площадь проекции боковой поверхности поперечных ребер на плоскость, перпендикулярную оси арматурного стержня;

d_n - номинальный диаметр стержня;

t - шаг поперечных выступов.

Эффективность сцепления обычно определяют по результатам испытаний стержней на вытягивание из бетона. При проведении таких опытов важно было бы установить влияние параметра f_R на эффективность сцепления стержней периодического профиля. По результатам испытаний Clarek A.P., прослеживается достаточно четкая линейная зависимость возрастания максимальных напряжений в стержнях до ≈ 400 МПа с увеличением f_R до 0,07 после чего рост их замедляется, а при $f_R > 0,8$ наблюдается даже тенденция к их снижению. Аналогичные результаты были получены при испытании стержней $\varnothing 55$ мм, проведенном Мулиным Н.М., совместно с Жунусовым Т.Ж.. По способу взаимодействия с бетоном ряд исследователей выделяют два типа профиля арматуры. Если расстояние между выступами превышает их высоту примерно в 10 раз ($h_b/t \approx 0,1$), частично раскрошенный бетон может образовывать клин под выступом, и разрушение обычно происходит вследствие растрескивания окружающего бетона. Периодические профили, у которых сцепление обеспечивается в основном работой бетона на сдвиг, представляют собой стержни, имеющие на поверхности впадины небольших размеров или часто расположенные выступы [3, 6, 7, 8, 9].

Решить задачу определения напряженно-деформированного состояния железобетонного элемента на участке активного сцепления (участка, на котором осуществляется передача усилий с арматуры на бетон) призвана теория сцепления, разработкой различных вариантов которой, занимались М.М. Холмянский, А.А. Оатул, Н.И. Карпенко и другие. В основу теории М.М. Холмянского [6], положено утверждение о том, что напряжения сцепления (τ_{bond}) определяются только величиной смещения (g). Эту зависимость, определяемую экспериментальным путем называют законом сцепления. Рядом исследователей предлагались различные варианты аналитической формы связи силовых (τ_{bond}) и геометрических (g) величин. Однако наиболее точные результаты дает так называемый «нормальный закон» сцепления, соответствующий наблюдаемому экспоненциальному характеру роста смещений (g):

$$\tau_{bond} = B \cdot \frac{\ln(1 + \alpha \cdot g)}{1 + \alpha \cdot g} \quad (2)$$

где B и α - параметры закона сцепления, определяемые экспериментальным путем.

Поскольку предлагаемая конструкция периодического профиля не имеет выступающих над сердечником стержня поперечных ребер, характер его взаимодействия с бетоном будет сходным с работой трехпроволочного каната [10].

Получение экспериментальных данных по сцеплению с бетоном арматуры с принципиально разными видами периодического профиля представляют научный и практический интерес.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для исследования сцепления предложенной арматуры с бетоном проведены испытания на вытягивание арматурных стержней из бетонных призм согласно рекомендациям РИЛЕМ/ЕКБ/ФИП РС 6 «Испытания на сцепление арматурной стали», часть 2. «Испытания на вытягивание» [4]. По силовой схеме испытания представляют из себя «вытягивание арматуры из бетона»

Работа выполнялась на основе сравнительных испытаний бунтовой арматуры $\varnothing 6$ мм с предложенным периодическим профилем в двух различных вариантах, отличающихся числом витков на 1 погонный метр (рис.1., табл. 1.) и стандартными профилями по ГОСТ 10884-94 («серповидный» профиль), и по ГОСТ 5781 («кольцевой» профиль) (рис.2., табл. 2.). Образцы проектировались с двумя различными длинами анкеровки, равными для 1-ой серии $l_{an}=60$ мм и 2-ой серии $l_{an}=80$ мм. Опытные образцы 1-ой и 2-ой серии также имели отличия в прочности бетона.

Предлагаемая арматура, по принципу совместной работы с бетоном, отличается от арматуры с профилями по ГОСТ 5781 и ГОСТ 10884. Если в существующих стандартных видах профилей, главенствующее влияние на сцепление оказывает относительная площадь поперечных выступов арматуры, то в предлагаемом виде профиля, наиболее важное значение будет иметь так называемое «закручивание арматуры» или число витков на 1 погонный метр (n). Поэтому, для установления рационального числа витков на 1 п.м. (n), в эксперименте использовали арматуру со значениями этого параметра равным $n=1$ и $n=2$.

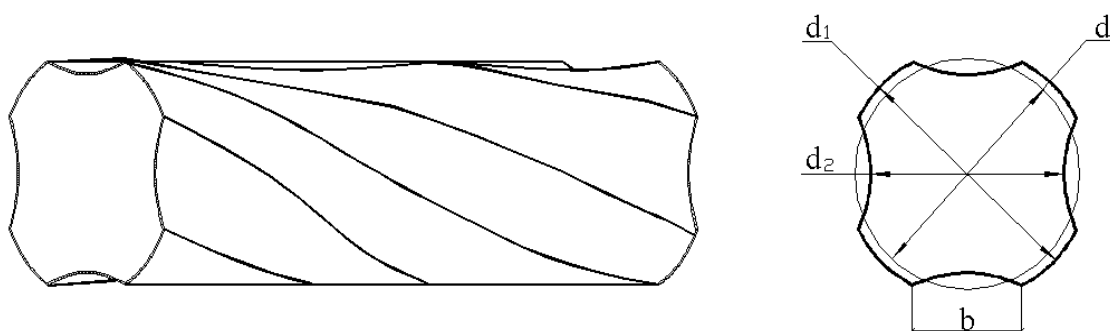


Рис. 1. Арматура с предлагаемым периодическим профилем

Табл. 1. Параметры предлагаемого периодического профиля арматуры

Маркировка профиля	d	d ₁	d ₂	B	Число «витков» на 1 п.м. n
	Мм				
1В	6	6,7	5,1	1,1	1
2В	6	6,7	5,1	1,1	2

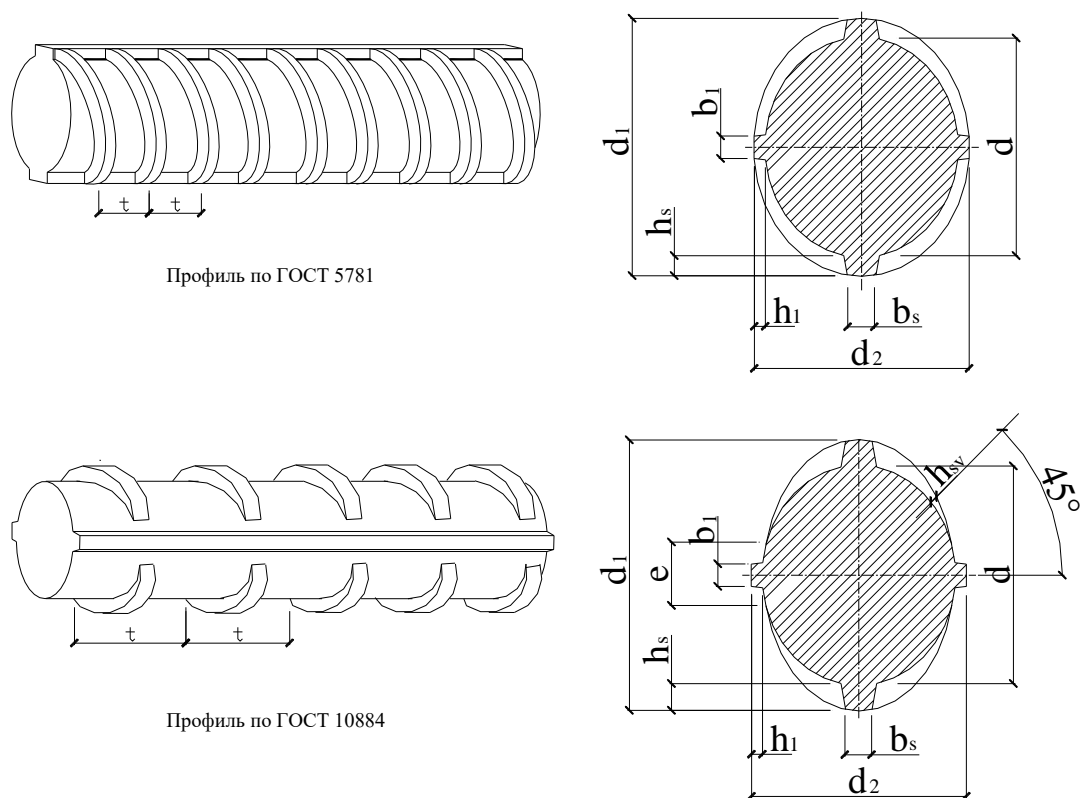


Рис. 2. Параметры исследуемых стандартных профилей арматуры

Табл. 2. Параметры стандартных профилей арматуры опытных образцов

Профиль	d_n	e	t	h_1	h_s	h_{sv}	b_1	b_s	Вид профиля	Относит. площадь смятия f_R
	мм									
ГОСТ 5781	6	-	5	0,3	0,5	0,5	1,0	0,5	Кольцевой	0,204
ГОСТ 10884	6	1,9	5	0,3	0,4	0,3	1,0	0,6	Серповидный	0,07

Проектирование опытных образцов производилось так, чтобы удовлетворять требованиям рекомендаций РИЛЕМ/ЕКБ/ФИП РС 6. Опытный образец для испытания на сцепление с бетоном арматуры $\varnothing 6$ мм представлял собой центрально армированную бетонную призму с размерами поперечного сечения 300×150 мм и высотой 150 мм. При этом в одной части заделки арматура находилась в контакте с бетоном, а в другой части, сцепление искусственно исключалось (стержень заключался в изолирующий материал). Это делалось согласно международной методике для предотвращения преждевременного раскалывания образцов. Схемы опытных образцов представлены на рис.3. и 4.

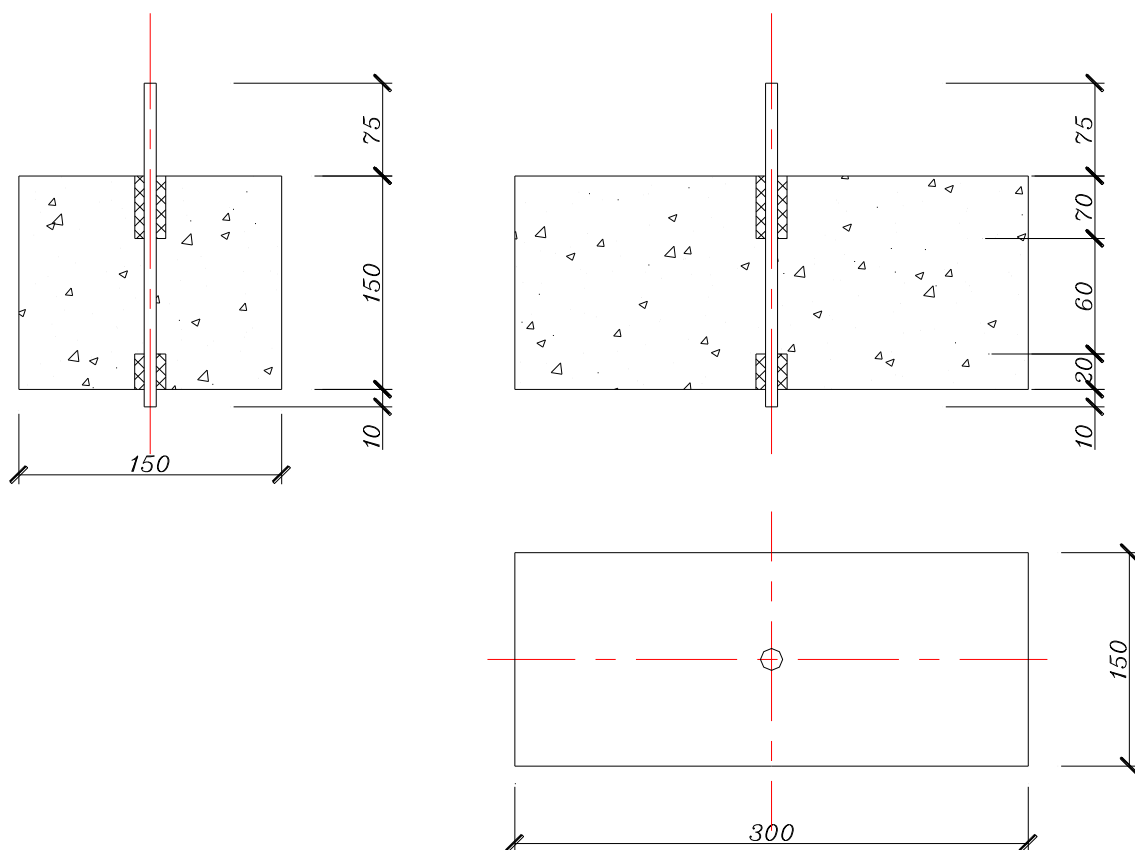


Рис. 3. Опытный образец на выдергивание 1-ой серии с длиной анкерки $l_{an}=60$ мм

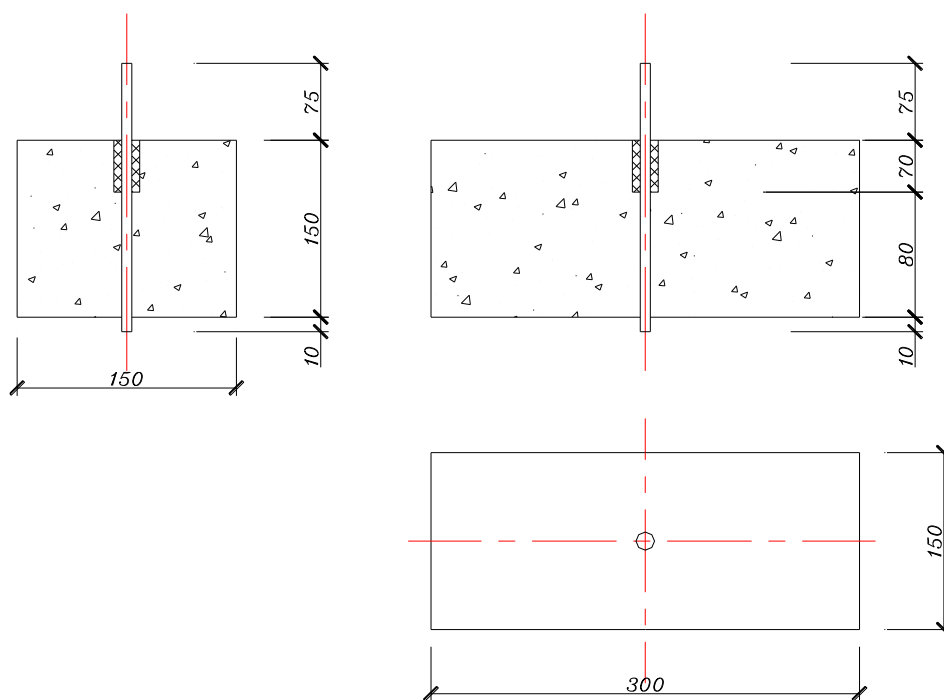


Рис. 4. Опытный образец на выдергивание 2-ой серии с длиной анкерки $l_{an}=80$ мм

Формование образцов производилось в вертикальном положении (для арматуры). После формования и уплотнения, а также после распалубки образцы находились в естественных условиях. Перед испытанием была проведена проверка образцов на наличие усадочных трещин. Наличие трещин не обнаружено. Для повышения точности испытаний и для установления равных условий, все образцы одной серии были изготовлены с одного

замеса и испытаны с минимальной разницей во времени. Для определения прочностных и деформативных характеристик бетона были изготовлены кубы с размерами ребер 100*100*100 мм в соответствии с ГОСТ 1080-78 «Бетоны. Методы определения прочности на сжатие и растяжение». Бетонирование и твердение проходило в тех же условиях, что и у основных образцов. Фактическую прочность бетона призм определяли по результатам испытаний на сжатие кубов. Средняя прочность бетона на основании испытаний этих кубов была равна: для образцов 1-ой серии - 15,1 МПа, для образцов 2-ой серии – 30,4 МПа.

Для упрощения дальнейшей работы, образцам был присвоен соответствующий шифр, состоящий из одной буквы П и следующими за ней римской и арабской цифрой и прописной буквой. Первая цифра после буквы П указывала на серию образца. Образцы 1-ой серии с длиной анкеровки $l_{an}=60$ мм и прочностью бетона 15,1 МПа маркировались римской цифрой I, а образцы 2-ой серии с длиной анкеровки $l_{an}=80$ мм и прочностью бетона 30,4 МПа – цифрой II. Образцы с арматурой предлагаемого профиля маркировались арабской цифрой 1, с арматурой по ГОСТ 5781 – цифрой 2 и с арматурой по ГОСТ 10884 – арабской цифрой 3. Кроме того, маркировка образцов с предлагаемой арматурой имеющей число витков на 1 п.м. $n=1$ в конце имела прописную букву «а», а имеющей число витков $n=2$ имела в конце прописную букву «б». Характеристики опытных образцов приведены в таблице 3.

Табл. 3. Параметры и количество опытных образцов при испытаниях на выдергивание.

Маркировка образца	Прочность бетона R, МПа	Величина заделки арматуры l_{an} , мм	Профиль арматуры	Размеры бетонной призмы а*б*h	Количество образцов
1	2	3	3	5	7
П-I-1a	15,1	60	Предлагаемый с числом витков $n=1$	300*150*150	3
П-I-1б			Предлагаемый с числом витков $n=2$		3
П-I-2			«Кольцевой» по ГОСТ 5781-82		3
П-I-3			«Серповидный» по ГОСТ 10884-94		3
П-II-1a	30,4	80	Предлагаемый с числом витков $n=1$		3
П-II-1б			Предлагаемый с числом витков $n=2$		3
П-II-2			«Кольцевой» по ГОСТ 5781-82		3
П-II-3			«Серповидный» по ГОСТ 10884-94		3

Испытания на вытягивание арматурных стержней $\varnothing 6$ мм из бетонных призм проводились с помощью гидравлического пресс насоса ГПНВ-5. Свободный конец арматуры зажимался при помощи анкера закрепленного на ГПНВ-5, установленного на опорную пластину (рис.5.).

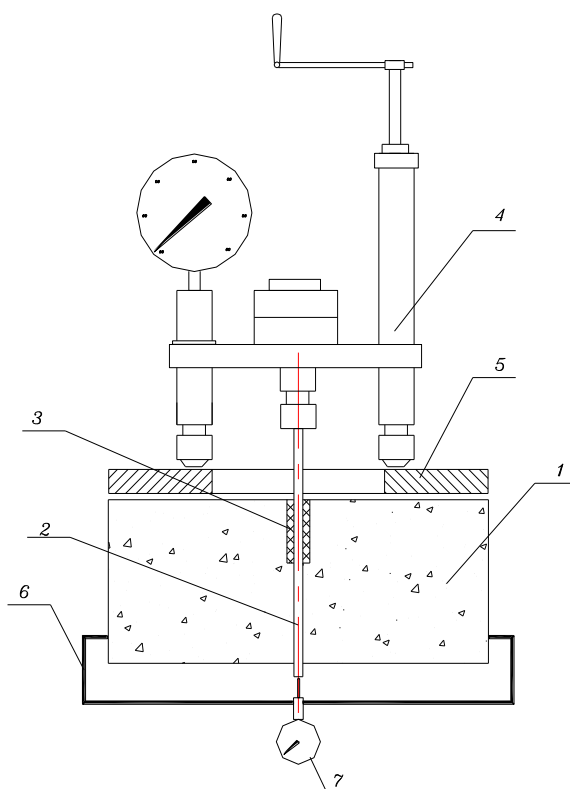


Рис.5. Схема испытательной установки

1. Бетонная призма; 2. Арматурный стержень; 3. Изолирующая прокладка; 4. ГПНВ-5; 5. Стальная опорная пластина; 6. Струбцина; 7. Индикатор ИЧ-10.

Опираение пластины на бетонную призму осуществляется через слой цементно-песчаного раствора толщиной 10 мм, что позволяет равномерно распределять всю нагрузку по площади опирания образца. Опорная пластина имеет центральное отверстие диаметром 45 мм. Это обеспечивает практически полное свободное проявление деформации нижних горизонтальных сечений бетона для всех испытываемых образцов, т.е. ставит их в равные условия по этому фактору. Как показывают исследования, при меньших размерах центрального отверстия (менее 7-и диаметров испытываемой арматуры) ограниченное проявление деформаций (в различной степени для разных образцов) может влиять на полученные результаты.

Смещения арматуры измерялись при помощи индикатора часового типа с ценой деления - 0,01 мм, жестко закрепленном на струбцине, устанавливаемой на нижней части бетонного образца и соединяемой с наружными слоями бетона, практически не деформируемыми при нагружении из-за наибольшего их удаления от стержня.

Для определения характеристик сцепления с бетоном арматурных стержней с различными видами профиля контролировались следующие параметры:

- Геометрические размеры профиля
- Величина втягивания арматурных стержней, q
- Характер нарушения сцепления арматуры с бетоном
- Максимальное напряжение сцепления τ_{bond}

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нарушение сцепления с бетоном арматуры с предлагаемым эффективным профилем происходило при напряжениях сцепления превышающих предельные напряжения сцепления образцов с арматурой по ГОСТ 5781 и ГОСТ 10884. Причем большему числу витков на 1 п.м. соответствовало большее превышение. Так для образцов 1-ой серии

предельное среднее напряжение сцепления τ_{bond} составляло 5,38 МПа, 6,15 МПа, 3,59 МПа и 5,13 МПа соответственно для образцов П-I-1а, П-I-1б, П-I-2 и П-I-3. Для образцов 2-ой серии, отличающихся от образцов 1-ой серии прочностью бетона, повышающей прочность

анкеровки, предельное среднее напряжение сцепления τ_{bond} составляло 7,50 МПа, 8,46 МПа, 6,73 МПа и 7,31 МПа соответственно для образцов П-II-1а, П-II-1б, П-II-2 и П-II-3. В то же время, образцы с предлагаемым эффективным профилем показали большую податливость (деформативность). Значение предельного смещения незагруженного конца стержня с предлагаемым видом профиля варьировалось в диапазоне от 3,415 мм до 4,12 мм, в то время как эти значения в случаях с арматурой по ГОСТ 5781 и по ГОСТ 10884 варьировались в интервале от 0,71-0,78 мм и от 1,75–1,776 мм соответственно.

По результатам испытаний построены графики, отражающие зависимости перемещений незагруженного конца арматуры от напряжения сцепления для различных видов профилей (рис. 6, 7)

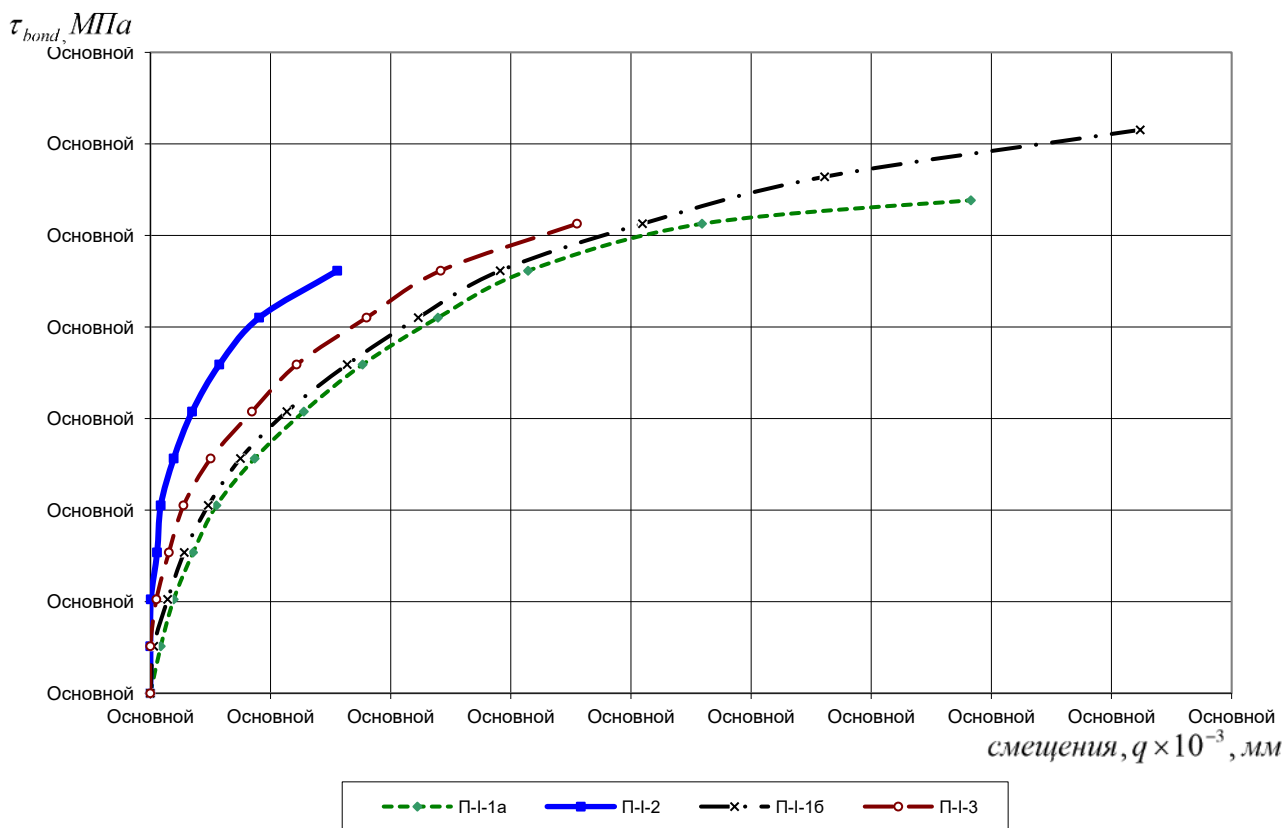


Рис. 6. График смещений незагруженного конца арматуры в образцах 1-ой серии

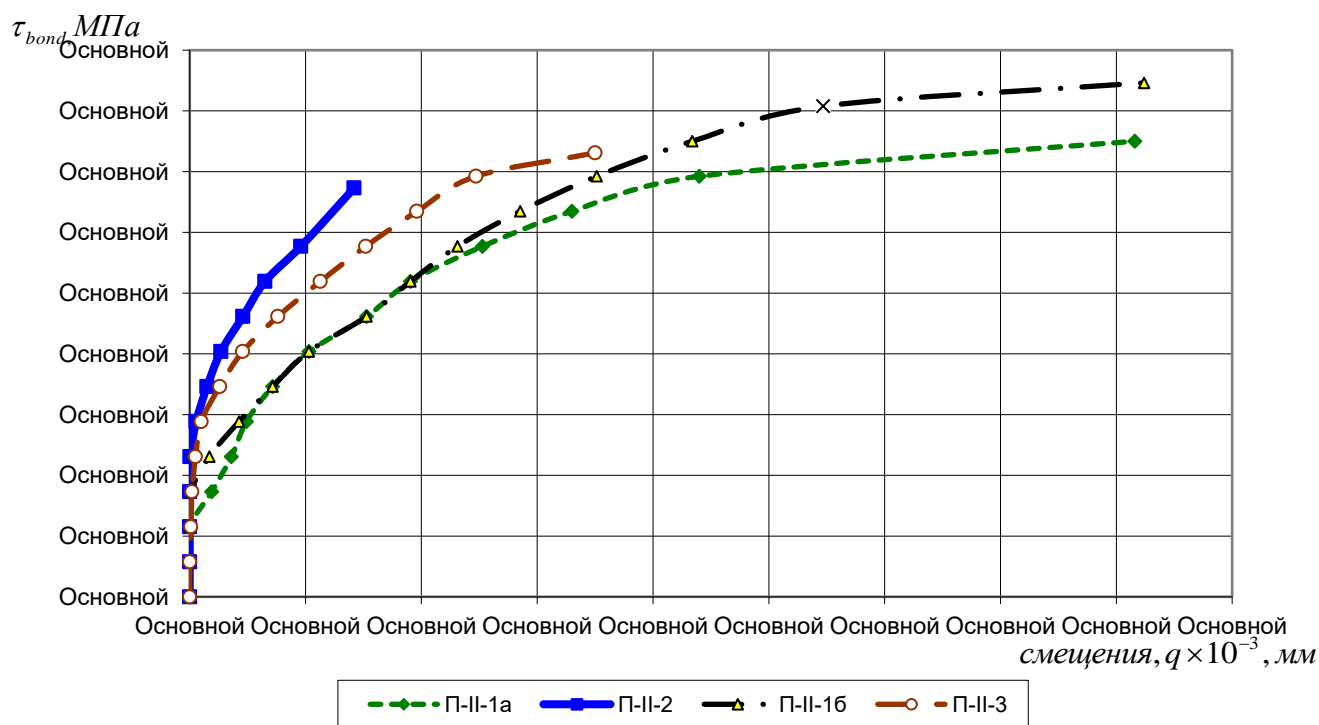


Рис. 7. График смещений незагруженного конца арматуры в образцах 2-ой серии

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 5781-82. Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций.
2. ГОСТ 10884-94. Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций.
3. Мулин Н. М. Стержневая арматура железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат, 1974. – 232 с.
4. Рекомендации РИЛЕМ/ЕКБ/ФИП РС 6. Испытание на сцепление арматурной стали. Часть 2. Испытания на вытягивание.
5. Терин В.Д., Хотько А.А. Сцепление с бетоном ненапрягаемой арматуры различных видов профилей. Сб. научных трудов под ред. д.т.н. Т.М. Пецоляда. «Совершенствование железобетонных конструкций оценка их состояния и усиление», Минск, 2001г. – С.188-195
6. Холмянский М. М. Контакт арматуры с бетоном. – М.: Стройиздат, 1981. - 184 с.
7. Дмитриев О. В. Теория зоны анкеровки железобетонных конструкций, напрягаемых арматурой без анкеров. - Ростов-на-Дону, 1972. – 130 с.
8. Карпенко Н.И.. Общие модели механики железобетона. – Москва: Стройиздат, 1996 г. – 414с.
9. Оатул А. А. Основы теории сцепления арматуры с бетоном // Исследования по бетону и железобетону: Сборник трудов №46.. - Челябинск, 1967. - С. 6-26.
10. Черныгов Е.А. Исследование работы с бетоном трехпроволочных канатов//Бетон и железобетон. 2022. № 4-5(612-613). С.60-65.

ДИНАМИЧЕСКОЕ ДОГРУЖЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПОПЕРЕЧНОЙ РАМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ПОВРЕЖДЕНИИ

О.А. Туснина¹, А.А. Колчанов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹tusninaoa@mgsu.ru

²andrey.kolchanov.99@mail.ru

Аннотация

Промышленные здания, обеспечивая пространство для различных производственных и складских нужд, являются важной составляющей инфраструктуры страны. При эксплуатации таких сооружений возможно возникновение аварийных ситуаций, связанных с локальным повреждением конструкций, что влечет за собой потенциальные негативные последствия для безопасности сооружения. Важно, чтобы каркас сохранял несущую способность и геометрическую неизменяемость при повреждениях, то есть обладал устойчивостью к прогрессирующему разрушению. В этой связи актуальным является исследование несущей способности стальных каркасов промышленных зданий с учетом локальных повреждений несущих элементов.

Для анализа устойчивости каркаса к прогрессирующему разрушению необходимо выполнить сравнение напряженно-деформированного состояния поврежденного каркаса с исходным. Качественно и количественно оценить изменение напряженно-деформированного состояния каркаса позволяют коэффициенты и параметры, отражающие перераспределение усилий между несущими конструкциями при изменении расчетной схемы каркаса при его повреждении. Одним из таких оценочных коэффициентов является коэффициент динамичности, показывающий догружение конструкций за счет внезапного разрушения несущего элемента и динамического воздействия на каркас усилий, действовавших в разрушенном элементе.

В статье приведены результаты определения коэффициентов динамичности для конструкций поперечной рамы промышленного здания при локальном разрушении подкрановой ветви. Показано, что величина этого коэффициента нелинейно зависит от времени, за которое происходит разрушение элемента и различна для различных конструкций поперечной рамы.

ВВЕДЕНИЕ

Сложные условия эксплуатации промышленных зданий, такие как изменчивость технологических нагрузок, механические аварийные воздействия на каркас, коррозионная агрессивность среды, повышенная температура внутреннего воздуха и прочие факторы, зачастую вызывают повреждение несущих конструкций каркаса. Локальные повреждения элементов каркаса могут приводить к нарушению геометрической неизменяемости каркаса и его прогрессирующему лавинообразному разрушению.

Нормативные документы содержат требования и рекомендации по проектированию защиты сооружений от прогрессирующего разрушения. Однако, в существующих отечественных нормативных документах не всегда содержится достаточно информации, а некоторые конструктивные решения, предлагаемые для обеспечения устойчивости каркасов к прогрессирующему разрушению, усложняют монтаж конструкций, увеличивают металлоемкость и стоимость строительства [1]. В настоящее время проводится большая работа по внесению изменений и дополнению нормативной документации специалистами МНИИТЭП, ЦНИИЭП жилища, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, МГСУ, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко и другими научными коллективами [2].

Для развития нормативной базы в части проектирования промышленных сооружений, обладающих устойчивостью к прогрессирующему разрушению, необходимо проведение

экспериментально-теоретических исследований несущей способности стальных каркасов промышленных зданий при локальном разрушении конструкций. Такие исследования могут выполняться с помощью аналитических и экспериментальных методов, а также их совокупности.

Исследования в области аналитической оценки несущей способности конструкций при локальных разрушениях включают в себя разработку математических моделей и статистических подходов. Эти методы позволяют количественно оценить степень воздействия разрушений на структурную целостность каркаса.

Экспериментальные подходы включают в себя испытания на нагрузку с использованием физических моделей, что позволяет получить фактические данные о поведении стальных конструкций при аварийных воздействиях [3]. Экспериментальные исследования являются ключевым компонентом для валидации теоретических моделей [4].

На основе экспериментально-теоретических исследований предлагаются различные конструктивные решения, которые повышают устойчивость зданий к прогрессирующему разрушению при локальных повреждениях [5, 6].

В связи с этим, исследование несущей способности стальных каркасов промышленных зданий при локальном разрушении несущих элементов является актуальным и имеет важное значение в инженерной сфере.

В рамках этого актуальным и целесообразным является решение следующих задач:

- разработка методов анализа несущей способности стальных каркасов промышленных зданий при локальных повреждениях их конструкций;
- анализ влияния времени, за которое происходит выход элемента из работы при его повреждении, на величину динамического догружения конструкций каркаса;
- определение «ключевых элементов» каркаса – то есть конструкций, наиболее активно включающихся в работу при тех или иных локальных повреждениях каркаса, и обеспечивающих перераспределение усилий между конструкциями и несущую способность каркаса при аварийных ситуациях;
- определение наиболее опасных сценариев аварийных ситуаций;
- разработка эффективных конструктивных решений стальных каркасов промышленных зданий, обладающих устойчивостью к прогрессирующему разрушению.

Результаты этих исследований могут не только предоставить новые знания в области структурной инженерии, но также обеспечат основу для усовершенствования стандартов и регулирований в строительной отрасли.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для оценки устойчивости каркаса к прогрессирующему разрушению необходимы коэффициенты и параметры, позволяющие качественно и количественно определить изменение напряженно-деформированного состояния каркаса при его локальном повреждении.

Локальные повреждения несущих конструкций могут происходить из-за исчерпания несущей способности элемента, вследствие его перегрузки (потеря местной или общей устойчивости, развитие пластических деформаций, хрупкое разрушение и т.д.), либо из-за внешнего аварийного воздействия на конструкцию (удар, взрыв, пожар или нагрев и т.д.).

Разрушение стальных конструкций происходит либо мгновенно (хрупкое разрушение растянутых элементов, повреждение из-за взрывного воздействия), либо занимает некоторый промежуток времени (потеря устойчивости, развитие пластических деформации, действие повышенных температур при пожаре).

При внезапном разрушении происходит резкое изменение расчетной схемы каркаса, при котором необходимо учитывать динамическую составляющую усилий, действовавших в разрушенном элементе и расчет следует выполнять в динамической постановке. Учет динамики возможно произвести путем применения коэффициентов динамичности -

повышающих коэффициентов к статическим величинам усилий в элементах, позволяющих определить пиковое значение усилий, возникающих в конструкциях при внезапном разрушении [7, 8].

Коэффициент динамичности может быть определен следующим образом:

$$k_{dyn}^t = \frac{\sigma_{dam}^{dyn,t}}{\sigma_{dam}^{st}}, k_{dyn}^t \geq 1; \quad (1)$$

где $\sigma_{dam}^{dyn,t}$ - напряжение в конструктивном элементе, полученное при динамическом расчете каркаса с локальным повреждением с учетом промежутка времени t , за которое произошло разрушение элемента;

σ_{dam}^{st} - установившееся значение напряжения в конструктивном элементе, полученное после затухания колебаний при расчете каркаса с локальным повреждением.

В качестве примера определения коэффициентов динамичности при локальном повреждении рассмотрим однопролетную поперечную раму промышленного здания с мостовыми кранами. Пролет рамы 36 м. Колонны ступенчатые, нижняя часть представляет собой сквозной стержень с ветвями в виде сварных двутаров и раскосной решеткой из одиночных уголков, приваренных к полкам ветвей. Верхняя часть колонны выполнена в виде сплошного сварного двутавра. В пределах сечения верхней части колонны предусмотрен проход для обслуживания крановых путей.

Стропильные фермы выполнены из парных горячекатанных уголков и опираются на колонны сверху шарнирно через стойку двутарового сечения. Материал конструкций сталь с пределом текучести 345 МПа. В здании работают магнитно-клещевые мостовые краны с жестким подвесом груза грузоподъемностью 120 т, режима работы 8К.

Конечно-элементная стержневая модель рамы составлена с использованием программного комплекса Femap Simcenter. Расчет производился на наиболее неблагоприятное сочетание нормативных постоянных и длительных нагрузок (собственный вес несущих и ограждающих конструкций, пониженные значения снеговой, вертикальной крановой и полезной нагрузок). Эксплуатационные нагрузки на раму приводились к сосредоточенным силам и прикладывались в узлы конечно-элементной модели.

Рассмотрен аварийный сценарий локального разрушения подкрановой ветви колонны на нижнем участке. Выполнялся динамический расчет с учетом различного времени, за которое происходит разрушение ветви - от $t=0.01$ с (внезапное разрушение) до $t=2$ с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рис. 1 показаны коэффициенты динамичности (см. формулу (1)) для различных конструкций поперечной рамы, а также график зависимости коэффициентов динамичности от времени, за которое происходит разрушение подкрановой ветви.

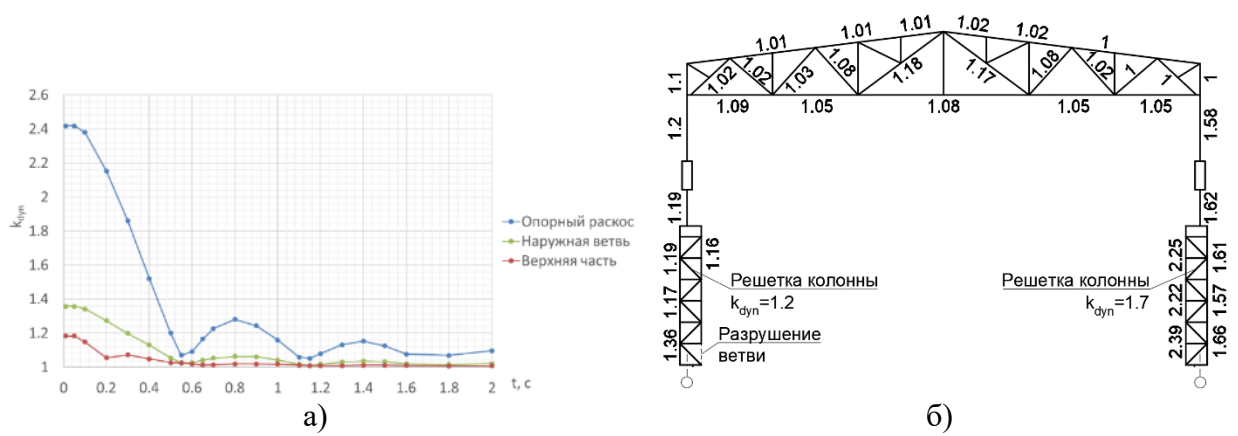


Рис. 1. Коэффициенты динамичности

а) графики зависимости коэффициента динамичности от времени разрушения подкрановой ветви; б) распределение коэффициентов динамичности по конструкциям поперечной рамы при внезапном разрушении подкрановой ветви (время разрушения $t=0.01$ с)

В табл. 1 приведены значения нормальных напряжений в элементах и коэффициенты динамичности при различном времени разрушения подкрановой ветви для наружной ветви, опорного раскоса и верхней части поврежденной колонны.

Табл. 1. Результаты расчета при различном времени разрушения подкрановой ветви

t, c	Наружная ветвь		Верхняя часть колонны		Опорный раскос	
	$\sigma, \text{МПа}$	k'_{dyn}	$\sigma, \text{МПа}$	k'_{dyn}	$\sigma, \text{МПа}$	k'_{dyn}
Статика	-313.26	-	-124.82	-	-25.34	-
0.01	-425.30	1.358	-147.66	1.183	-61.28	2.419
0.1	-420.32	1.342	-143.23	1.147	-60.30	2.380
0.2	-398.82	1.273	-131.76	1.056	-54.54	2.153
0.4	-354.05	1.130	-130.88	1.049	-38.52	1.520
0.5	-330.11	1.054	-128.15	1.027	-30.42	1.200
0.55	-320.68	1.024	-127.98	1.025	-27.12	1.071
0.6	-320.99	1.025	-127.19	1.019	-27.66	1.092
0.8	-333.01	1.063	-127.08	1.018	-32.45	1.281
1	-326.26	1.041	-126.99	1.017	-29.36	1.159
1.1	-318.65	1.017	-126.24	1.011	-26.84	1.059
1.15	-316.32	1.010	-125.98	1.009	-26.64	1.051
1.2	-318.76	1.018	-125.87	1.008	-27.33	1.079
1.5	-323.38	1.032	-126.21	1.011	-28.52	1.125
2	-320.05	1.022	-125.77	1.008	-27.78	1.097

Коэффициенты динамичности при внезапном разрушении подкрановой ветви для различных конструкций различны и составили:

- $\kappa_{dyn}^{0.01} = 1.4$ – для наружной ветви поврежденной колонны;
- $\kappa_{dyn}^{0.01} = 2.4$ – для опорного раскоса поврежденной колонны;
- $\kappa_{dyn}^{0.01} = 1.2$ – для остальных элементов решетки, а также для верхней части поврежденной колонны;
- $\kappa_{dyn}^{0.01} = 1.7$ – для наружной ветви и верхней части неповрежденной колонны;
- $\kappa_{dyn}^{0.01} = 2.4$ – для подкрановой ветви неповрежденной колонны.

Зависимость коэффициента динамичности от времени, за которое происходит локальное разрушение, нелинейная, и при времени около 0.55 с для всех конструкций наблюдается локальный экстремум с минимальным значением коэффициента динамичности (строка, выделенная жирным в табл. 1). Отмечено, что время разрушения, соответствующее локальному минимуму коэффициента динамичности, зависит от частот собственных колебаний конструкций и фиксируется при времени разрушения, равному периоду собственных колебаний рамы по первой форме. Следующий минимум возникает при времени разрушения, равному удвоенному периоду собственных колебаний рамы по первой форме (в данном случае при $t \approx 1.15$ с).

При времени исключения 0.1 с и менее наблюдаются пиковые значения коэффициента динамичности, которые затем быстро снижаются. При времени разрушения превышающем 1 с увеличение пиковых значений напряжений, по сравнению с напряжением, установившимся после затухания колебаний, составляет не более 10%, что находится в пределах погрешности инженерных расчетов и позволяет допустить не учитывать динамику в этом случае.

ВЫВОДЫ

Определение коэффициентов динамичности на примере поперечной рамы одноэтажного промышленного здания при повреждении подкрановой ветви показало, что коэффициенты динамичности варьируются для различных элементов поперечной рамы. Чем больше коэффициент динамичности для элемента конструкции, тем существеннее изменяется его напряженно-деформированное состояние при локальном повреждении каркаса. Коэффициенты динамичности являются одним из параметров, необходимых для выявления «ключевых элементов» каркаса. Кроме него к таким параметрам относятся коэффициенты использования конструкций, коэффициенты, характеризующие относительную степень загруженности элемента в составе каркаса и т.д.

Для определения таких характеристических параметров необходимо выполнить комплекс расчетов типовых одноэтажных пространственных стальных каркасов промышленных зданий с мостовыми кранами, обладающих различными размерами и жесткостью (пролеты, шаги колонн и т.д.) и подверженных действию различных нагрузок (краны различной грузоподъемности и режима работы, различные снеговые и ветровые районы строительства, величины полезной нагрузки и т.д.)

На основе результатов проведенных расчетов предполагается получить значения характеристических параметров (коэффициенты динамичности, коэффициенты использования элементов и т.д.), на основе которых будет разработана методика и рекомендации для анализа несущей способности каркасов одноэтажных промышленных зданий с мостовыми кранами при локальных повреждениях элементов каркаса с учетом различного времени исключения элемента из работы.

Полученные данные расчетов и система коэффициентов могут использоваться в качестве обучающей выборки для машинного обучения автоматизированных систем, которые позволят определять в каркасах «ключевые элементы» - конструкции, наиболее активно включающиеся в работу при тех или иных локальных повреждениях каркаса,

обеспечивающие перераспределение усилий и несущую способность каркаса при аварийных ситуациях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ерёмин П.С.* К вопросу о недостатках конструктивных решений, обеспечивающих устойчивость к прогрессирующему обрушению покрытий одноэтажных зданий со стальным каркасом // Молодой ученый. 2022. № 20 (415). С. 81-86.
2. *Айдемиров К.Р.* Состояние проблемы прогрессирующего разрушения зданий и сооружений, классификация задач и подходы к их решению // Вестник ДГТУ. Технические науки. 2010. №3. С. 117-129.
3. *Алексейцев А.В., Курченко Н.С.* Обзор методов и результатов экспериментальных исследований стальных и сталебетонных конструкций при особых воздействиях // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2018. Т. 14. № 3. С. 205-215.
4. *Назаров Ю.П., Городецкий А.С., Симбиркин В.Н.* К проблеме обеспечения живучести строительных конструкций при аварийных воздействиях // Строительная механика и расчет сооружений. 2009. № 4. С. 5-9.
5. *Nethercot D.A.* Design of building structures to improve their resistance to progressive collapse [Проектирование строительных конструкций с целью повышения их устойчивости к прогрессирующему обрушению]. Procedia Engineering. 2011. No. 14. Pp. 1-13.
6. *Ellingwood B. R., Smilowitz R., Dusenberry D. O., Duthinh D., et al.* Best practices for reducing the potential for progressive collapse in buildings [Рекомендации по снижению риска прогрессирующего обрушения зданий и сооружений]. National Institute of Standards and Technology, 2007. NISTIR 7396, USA.
7. *Туснин А. Р.* Расчет фермы с поврежденными элементами // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 11. С. 35-41.
8. *Туснин А.Р., Бергер М.П.* Коэффициенты динамичности для большепролетных ферм с локальными разрушениями // Промышленное и гражданское строительство. 2023. № 5. С. 17-24.

МИКРОМОДЕЛИРОВАНИЕ НОРМАЛЬНОЙ И ТАНГЕНЦИАЛЬНОЙ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ УПРОЩЁННЫХ МОДЕЛЕЙ КАМЕННОЙ КЛАДКИ

Д. Кахамарка-Сунига¹, О.В. Кабанцев²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹Католический университет города Куэнки,

¹cajamarca.zuniga@gmail.com

²ovk531@gmail.com

Аннотация

Статья представляет экспериментальные и численные результаты по детальному микромоделированию упрощённых образцов каменной кладки на действии растягивающих и срезающих напряжений относительно постельным швам. Моделирование проводится в программном комплексе ABAQUS на основе пластического разрушения квазихрупких материалов и условий контакта интерфейсов, характеризующихся нормальной адгезией при растяжении и когезивно-фрикционным поведением при сдвиге. Целью работы является калибровка необходимых параметров адгезионного и когезивно-фрикционного поведения контактных интерфейсов для последующего детального микромоделирования упругопластического поведения каменной кладки в условиях двухосного напряженного состояния.

ВВЕДЕНИЕ

Каменная кладка представляет собой композитный материал со сложными механическими свойствами. Структурное поведение кладки определяется механическими свойствами её составных элементов (кирпича, раствора и контактных интерфейсов). Базовые материалы кладки (кирпич и раствор) характеризуются квазихрупким поведением как при растяжении, так и при сжатии. Поведение при сжатии характеризуется значительно более высокими значениями прочности и энергии разрушения, чем при растяжении. Помимо физической нелинейности базовых материалов кладки, контактный интерфейс между кирпичом и раствором характеризуется значительно менее прочным поведением. Работа контактных интерфейсов не так значительна, когда кладка подвергается действию исключительно гравитационных нагрузок, но она становится определяющей, когда кладка подвергается комбинированному действию вертикальных нагрузок и значительных боковых нагрузок, например, возникающих при сейсмических воздействиях. Двухосное напряженное состояние, возникающее в результате таких воздействий, характеризуется значительными сдвиговыми напряжениями на контактных интерфейсах (Рис. 1) [1–7]. В таких условиях работа контактного интерфейса в постельных швах характеризуется нормальной адгезией при растяжении и когезивно-фрикционным поведением, зависящим от нормального напряжения при сдвиге. В обоих случаях наблюдается смягчение когезии [8] и общая реакция кладки является крайне нелинейной.

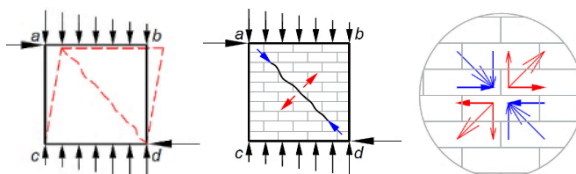


Рис. 1. Двухосное напряженное состояние в каменной кладке и развитие сдвиговых и нормальных напряжений в швах.

Основываясь на принципах механики материалов, теории пластичности и механики разрушения, большинство работ по конечно-элементному моделированию кладки в

условиях двухосного напряженного состояния рассматривают упрощённую микромодель кладки (например, [9–14]). Такой подход рассматривает условно укрупнённые кирпичи, взаимодействующие друг с другом (Рис. 2). При этом модель физически ограничивается только одним материалом (кирпичом), для которого заранее определяют не только физико-механические свойства, критерий пластического разрушения, но и потенциальное сечение трещины. Это, очевидно, не позволяет полноценно воспроизвести и изучить процесс разрушения кладки, состоящей из различных материалов (кирпича и раствора) и контактных интерфейсов. С другой стороны, детальное микромоделирование кладки учитывает критерии прочности как основных материалов, так и контактной поверхности, что позволяет адекватно описать и изучить процессы деформации и разрушения кладки.

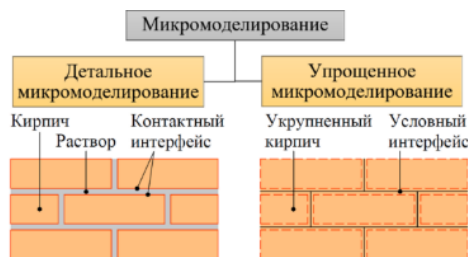


Рис. 2. Подходы к микромоделированию каменной кладки.

В настоящей работе проводится детальное численное микромоделирование упрощённых образцов каменной кладки на действии растягивающих и срезающих напряжений. Моделирование проводится на основе пластического разрушения квазихрупких материалов и условий контакта интерфейсов, характеризующихся нормальной адгезией при растяжении и когезионно-фрикционным поведением, зависящим от нормального напряжения, при сдвиге. Целью этой работы является калибровка необходимых параметров когезионного и когезионно-фрикционного поведения контактных интерфейсов для последующего детального микромоделирования каменной кладки в условиях двухосного напряженного состояния. В статье представлены экспериментальные и численные результаты нормальной адгезионной прочности и начального сопротивления сдвигу интерфейсов. Нормальная адгезионная прочность оценивалась на упрощённых образцах кладки типа креста. Начальное сопротивление сдвигу оценивалось на образцах типа тройки без предварительного сжатия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Численное микромоделирование выполнено с использованием программного комплекса для конечно-элементного анализа ABAQUS. Модели поведения материалов основываются на теории пластичности и пластического разрушения квазихрупких материалов. Предполагаемое контактное взаимодействие между кирпичом и раствором основано на когезионном и фрикционно-когезионном поведении. Основные параметры для численного микромоделирования были получены в результате экспериментальных испытаний образцов керамических кирпичей, цементно-песчаного раствора (цилиндры 150×75 мм и призмы 40×40×160 мм), и упрощённых образцов кладки типа крестов и троек (Рис. 3). Экспериментальные разрушающие испытания проводились в лабораториях Московского государственного строительного университета (прессы INSTRON 1000HDX и INSTRON 3382A) и Католического университета Куэнки (пресс SHIMADZU Concrete-2000X) в соответствии с положениями ГОСТ-Р 58527-2019, EN 772-1, ASTM C67-08, ASTM C270-10, EN 1015-11 и EN 998-2. Начальную прочность на сдвиг контактного интерфейса определилась в образцах типа тройки без предварительного сжатия, как предусмотрено в процедуре В стандарта EN1052-3:2002 и применено в [1,15,16]. Для определения параметров нормальной адгезионной прочности интерфейса при растяжении испытывались образцы типа креста в соответствии со стандартом ASTM C321-00, как применено в [17].

Купфер Х. и другие учёные [18–21] показали, что теория пластичности можно использовать для моделирования квазихрупких материалов. Модели напряженно-деформированного поведения кирпича и раствора разработаны на основе феноменологического подхода. На основе критериев теории пластичности, реализованных в работах Качанова Л.М., Работнова Ю.Н., Леметра Ж. [22–24], получены численные инструменты для прогнозирования поведения образцов от стадии упругого деформирования до разрушения, с учётом зарождения трещин и деградации материала.

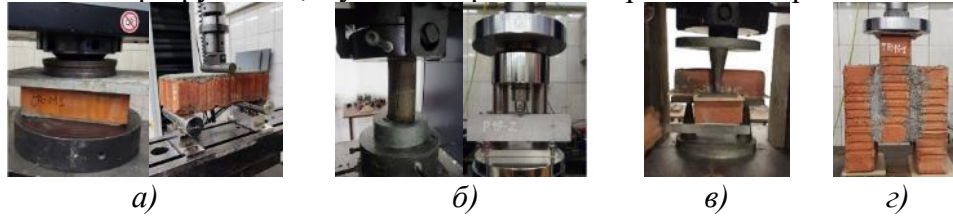


Рис. 3. Экспериментальные испытания: а) сжатие и изгиб кирпича; б) сжатие и изгиб раствора; в) нормальная адгезионная прочность; г) начальное сопротивление сдвигу.

Оценка повреждений в рамках механики разрушаемого континуума основывается на феноменологическом определении параметра повреждения κ (Качанов Л.М.) [22].

$$\kappa = A_D/A; \quad (A > A_D), \quad (1)$$

где A и A_D – соответственно неповреждённая и повреждённая площади данного участка материала. На основе этого, Работнов Ю.Н. [23] предложил понятие эффективного напряжения $\tilde{\sigma}$, зависящее от начального напряжения σ на исследуемой точке неповрежденного материала и параметра повреждения κ .

$$\tilde{\sigma} = \frac{\sigma}{1 - \kappa}; \quad (\kappa = 1 \Rightarrow \text{разрушение}). \quad (2)$$

На основе закона Гука и принципа эквивалентности деформаций (Леметра Ж.) [25], уравнения 3 и 4 позволяют получить зависимость между модулем упругости материала E_0 и эффективным модулем упругости E , соответствующим повреждённой среде.

$$\varepsilon_{eq} = \sigma/E_0; \quad (\text{неповрежденный материал, } \kappa = 0), \quad (3)$$

$$\varepsilon_{eq} = \frac{\sigma}{(1 - \kappa)E_0} = \frac{\sigma}{E}; \quad (\text{поврежденный материал, } 0 < \kappa < 1), \quad (4)$$

$$E = (1 - \kappa)E_0, \quad (5)$$

где ε_{eq} – эквивалентная деформация, E – модуль упругости повреждённой среды.

Изучение разрушения каменной кладки связано в первую очередь с изучением напряженно-деформационного поведения материалов. Анализ поведения базовых материалов кладки при растяжении или сжатии рассматривается на основе концепции пластического разрушения квазихрупких материалов. Для КЭ анализа используется модуль упругости E , учитывающий деградацию жёсткости в результате зарождения и развития повреждения. Из уравнений (2) и (4) эффективный тензор напряжений и скалярная переменная повреждений могут быть выражены как:

$$\tilde{\sigma} = \frac{\sigma}{1 - \kappa} = \frac{(1 - \kappa)E_0\varepsilon_{eq}}{1 - \kappa} = E_0\varepsilon_{eq} = E_0(\varepsilon - \tilde{\varepsilon}^{pl}), \quad (6)$$

$$\kappa = \kappa(\tilde{\sigma}, \tilde{\varepsilon}^{pl}), \quad (7)$$

$$\tilde{\varepsilon}^{pl} = \begin{bmatrix} \tilde{\varepsilon}_c^{pl} \\ \tilde{\varepsilon}_t^{pl} \end{bmatrix}, \quad (8)$$

где, σ – тензор напряжений, κ - скалярная переменная повреждений, ε – тензор деформаций, $\tilde{\varepsilon}^{pl}$ – тензор пластических деформаций, E - модуль упругости в вырожденном состоянии, E_0 – начальный модуль упругости.

Переменная поврежденности определяется тензором эффективных напряжений $\tilde{\sigma}$ и эквивалентной пластической деформацией $\tilde{\varepsilon}^{pl}$. Развитие поврежденности материала при сжатии или растяжении задается как функция переменных разупрочнения $\tilde{\varepsilon}_c^{pl}$ или $\tilde{\varepsilon}_t^{pl}$,

представляющие собой эквивалентным пластическим деформациям при сжатии или растяжении (Рис. 4). Согласно уравнению (6), эффективные сжимающее и растягивающее напряжения в модели пластического разрушения определяются следующим образом:

$$\tilde{\sigma}_c = \frac{\sigma_c}{1 - \kappa_c} = \frac{(1 - \kappa_c)E_0\varepsilon_{eq}}{1 - \kappa_c} = E_0(\varepsilon - \tilde{\varepsilon}_c^{pl}), \quad (9)$$

$$\tilde{\sigma}_t = \frac{\sigma_t}{1 - \kappa_t} = \frac{(1 - \kappa_t)E_0\varepsilon_{eq}}{1 - \kappa_t} = E_0(\varepsilon - \tilde{\varepsilon}_t^{pl}). \quad (10)$$

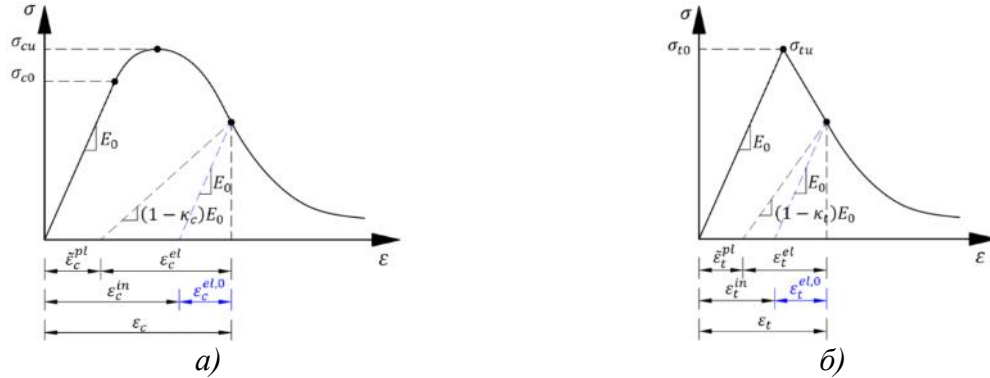


Рис. 4. Модель напряженно-деформационного поведение пластического разрушения квазихрупкого материала при одноосном: а) сжатии; б) растяжении.

Отсюда, пластические деформации $\tilde{\varepsilon}^{pl}$ и неупругие деформации ε^{in} в нелинейной зоне могут быть определены как:

$$\tilde{\varepsilon}^{pl} = \varepsilon - \varepsilon^{el} = \varepsilon - \frac{\sigma}{(1 - \kappa)E_0} \quad (11)$$

$$\varepsilon^{in} = \varepsilon - \varepsilon^{el,0} = \varepsilon - \frac{\sigma}{E_0} = \varepsilon^{pl} + \frac{\kappa\sigma}{(1 - \kappa)E_0} \quad (12)$$

При отсутствии экспериментальных данных по циклическому нагружению параметр повреждения можно аппроксимировать как

$$\kappa = 1 - (\sigma_i/\sigma_u) \quad (13)$$

Для численного моделирования в ABAQUS приняты критерий прочности Купфера $\sigma_{b0}/\sigma_{c0} = 1.16$; угол дилатансии 0,34; коэффициент Пуассона $\nu = 0,15$ для кирпича и раствора как в [9,13,26,27].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальные значения механических параметров приведены в табл. 1 и Рис. 5. На основе экспериментальных данных и с помощью уравнений (5, 11, 12, 13) определены линейные и нелинейные характеристики напряженно-деформированного состояния кирпича и раствора. В табл. 2 и табл. 3 приведены параметры для КЭ моделирования пластического разрушения кирпича и раствора.

Табл. 1. Основные экспериментальные механические свойства материалов и интерфейса.

	Плотность (кг/м ³)	Предел прочности, (МПа)		Модуль упругости (МПа)
		на сжатие	на изгиб	
Кирпич	1800 [0.06]*	12.59 [0.12]	2.24 [0.17]	310 [0.18]
Раствор	2340 [0.01]	14.28 [0.17]	4.1 [0.08]	3289 [0.17]

Нормальная адгезионная прочность интерфейса: $R_3 = 0.138$ МПа [0.27]

Начальное сопротивление сдвигу интерфейса: $R_6 = 0.41$ МПа [0.23]

* в скобках [] указан коэффициент вариации.

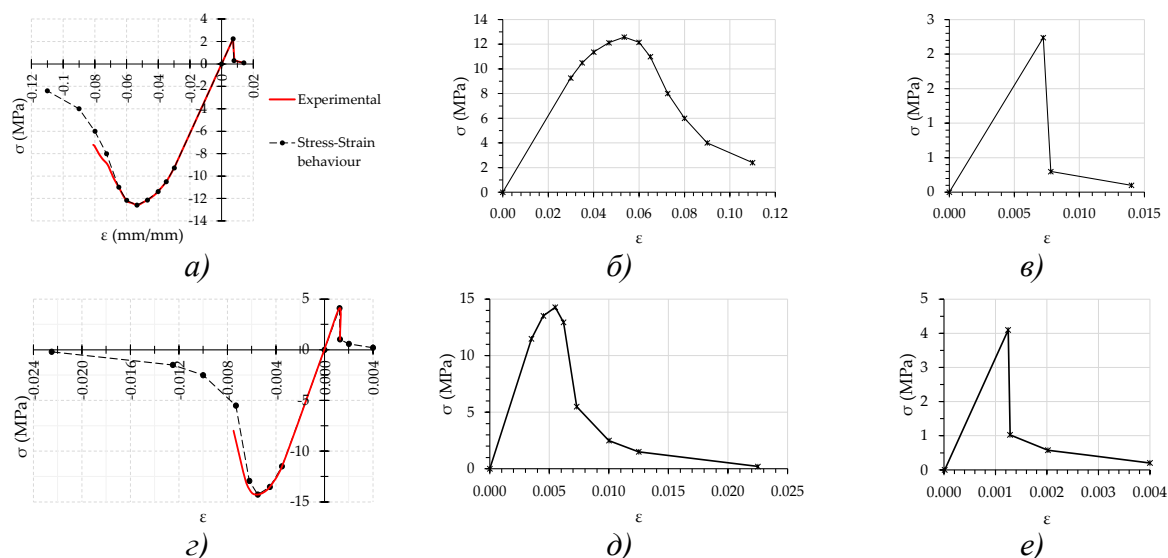


Рис. 5. Диаграммы напряженно-деформационного поведения: а) кирпич; б) сжатие кирпича; в) растяжение кирпича; г) раствор; д) сжатие раствора; е) растяжение раствора.

Табл. 2. Параметры модели пластического разрушения для кирпича.

	Напряжение (МПа) σ	Параметр повреждения κ	Дегradированный модуль упругости $E = (1 - \kappa)E_0$	Упругая деформация $\varepsilon^{el,0}$	Неупругая деформация ε^{in}	Пластическая деформация ε^{pl}
Растяжение	0.00	0.000	310	0.0000	0.0023	0.0000
	2.24	0.000	310	0.0002	0.0011	0.0000
	0.30	0.866	42	0.0012	0.0000	0.0001
	0.10	0.955	14	0.0000	0.0000	0.0011
Сжатие	0.00	0.000	310	0.0000	0.0000	0.0000
	9.26	0.000	310	0.0299	0.0000	0.0000
	10.50	0.000	310	0.0339	0.0010	0.0010
	11.37	0.000	310	0.0367	0.0034	0.0034
	12.13	0.000	310	0.0391	0.0077	0.0077
	12.59	0.000	310	0.0406	0.0129	0.0129
	12.16	0.034	300	0.0392	0.0207	0.0194
	10.99	0.127	271	0.0354	0.0295	0.0244
8.00	0.364	197	0.0258	0.0468	0.0320	

Табл. 3. Параметры модели пластического разрушения для раствора.

	Напряжение (МПа) σ	Параметр повреждения κ	Дегradированный модуль упругости $E = (1 - \kappa)E_0$	Упругая деформация $\varepsilon^{el,0}$	Неупругая деформация ε^{in}	Пластическая деформация ε^{pl}
Растяжение	0.00	0.000	3289	0.0000	0.0000	0.0000
	4.10	0.000	3289	0.0012	0.0000	0.0000
	1.03	0.750	822	0.0003	0.0010	3.7E-05
	0.20	0.950	163	0.0001	0.0039	0.0028
Сжатие	0.00	0.000	3289	0.0000	0.0000	0.0000
	11.50	0.000	3289	0.0035	0.0000	0.0000
	13.52	0.000	3289	0.0041	0.0004	0.0004
	14.28	0.000	3289	0.0043	0.0012	0.0012
	12.95	0.093	2982	0.0039	0.0023	0.0019
	5.51	0.615	1267	0.0017	0.0056	0.0030
	2.49	0.825	576	0.0008	0.0092	0.0057
	1.50	0.895	346	0.0005	0.0120	0.0082
0.21	0.986	47	0.0001	0.0224	0.0182	

Важно отметить, что функция пластического разрушения не включена в программу ABAQUS и её необходимо задать в исходном коде программы. В разделе "Edit keywords" следует отредактировать строки, которые будут представлять функцию пластического разрушения в виде:

$$*Concrete Failure, TYPE=Strain \quad (14)$$

$$\epsilon_{t,max}^{in}, \epsilon_{c,max}^{in}, \kappa_{t,max}, \kappa_{c,max}$$

На рисунке 6 показаны некоторые результаты численного детального микро моделирования МКЭ базовых материалов (раствор, кирпич) и упрощенных моделей кладки на начальное сопротивление сдвигу и на нормальную адгезионную прочность, произведённые в программном комплексе ABAQUS.

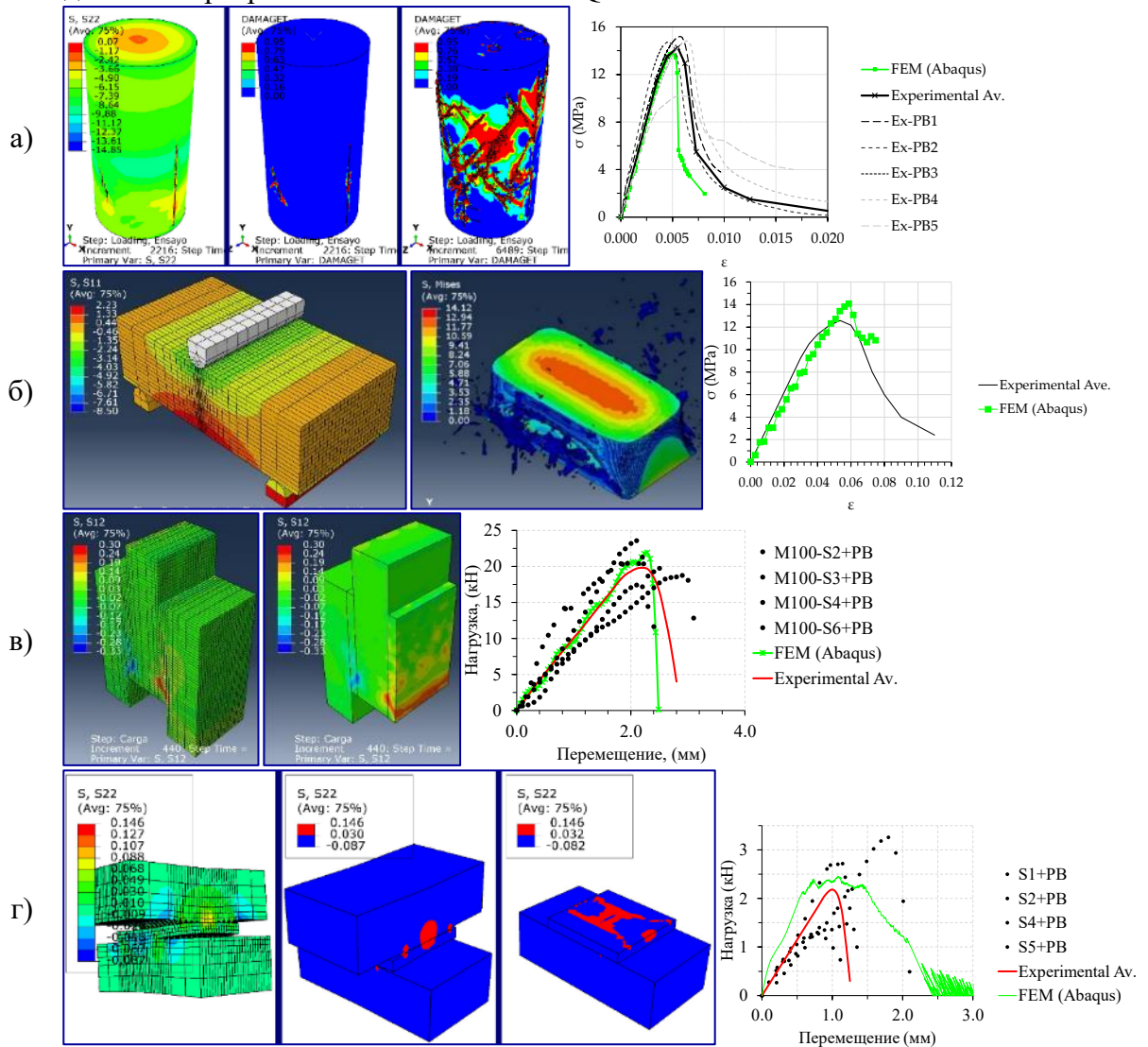


Рис. 6. Результаты численного микро моделирования.
а) Раствор; б) кирпич; в) образец «тройка»; г) образец «крест».

ВЫВОДЫ

Результаты численного детального микро моделирования на основе пластического разрушения базовых материалов кладки и адгезионного и когезионно-фрикционного поведения контактных интерфейсов показывают хорошую сходимость с экспериментальными результатами. Необходимые параметры для детального микро моделирования упруго-пластического поведения каменной кладки в условиях двухосного напряженного состояния с учётом пластического разрушения и адгезионного и

когезионно-фрикционного поведения контактных интерфейсов получены. Авторы продолжают исследование в этом направлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Kabantsev O., Cajamarca-Zuniga D.* Proposal for improving the solid clay brick contact surface to increase the initial shear strength of masonry // *Mater. Today Proc.* Elsevier Ltd, 2023.
2. *Savalle N., Lourenço P.B., Milani G.* Joint Stiffness Influence on the First-Order Seismic Capacity of Dry-Joint Masonry Structures: Numerical DEM Investigations // *Appl. Sci.* 2022. Т. 12, № 4. С. 2108.
3. *Capozucca R.* Shear Behaviour of Historic Masonry Made of Clay Bricks // *Open Constr. Build. Technol. J.* 2011. Т. 5, № 1. С. 89–96.
4. *Marques R., Lourenço P.B.* Structural behaviour and design rules of confined masonry walls: Review and proposals // *Constr. Build. Mater.* Elsevier Ltd, 2019. Т. 217. С. 137–155.
5. *Gabor A. u др.* Analysis and modelling of the in-plane shear behaviour of hollow brick masonry panels // *Constr. Build. Mater.* 2006. Т. 20, № 5. С. 308–321.
6. *Doğan O., Odacıoğlu O.G.* An Experimental Study To Determine Sliding Shear Strength And Internal Frictional Coefficient Of Clay Brick Wall In A Masonry Building // *Int. J. Eng. Res. Dev.* 2019. Т. 11, № 2. С. 670–676.
7. *Sharma N., Telang D., Rath B.* A Review on Strength of Clay Brick Masonry // *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.* 2017. Т. 5, № XII. С. 2620–2626.
8. *Hendry A.W.* Shear Strength Criteria and Related Tests for Brick Masonry // *Adv. Struct. Eng.* 1997. Т. 1, № 2. С. 135–141.
9. *Lourenço P.B.* Computational strategies for Masonry structures. Doctoral Thesis. Delft University, 1996. 221 с.
10. *Jäger W., Bakeer T., Schöps P.* Simulation of Masonry in ANSYS and LS-DYNA. The Features and Challenges // *ANSYS Conference & 27th CADFEM Users' Meeting.* Leipzig, 2009. С. 1–15.
11. *Bakeer T.* Collapse analysis of Masonry Structures under Earthquake actions. Technische Universität Dresden, 2009. 266 с.
12. *Zucchini A., Lourenço P.B.* A micro-mechanical homogenisation model for masonry: Application to shear walls // *International Journal of Solids and Structures.* 2009. Т. 46, № 3–4. С. 871–886.
13. *Abdulla K.F., Cunningham L.S., Gillie M.* Simulating masonry wall behaviour using a simplified micro-model approach // *Eng. Struct.* Elsevier Ltd, 2017. Т. 151. С. 349–365.
14. *Pulatsu B. u др.* Simulation of the in-plane structural behavior of unreinforced masonry walls and buildings using DEM // *Structures.* Elsevier, 2020. Т. 27, № August. С. 2274–2287.
15. *Cajamarca-Zuniga D., Kabantsev O.* Particular strength criteria for microstructural analysis of masonry // *Key Eng. Mater.* 2023. Т. 959, № 2. С. 185–195.
16. *Cajamarca-Zuniga D. u др.* Tangential adhesive strength of the masonry with PET-fibres modified mortar // *Key Eng. Mater.* 2023. Т. 961. С. 47–54.
17. *Maheri M.R., Motielahi F., Najafgholipour M.A.* The effects of pre and post construction moisture condition on the in-plane and out-of-plane strengths of brick walls // *Mater. Struct. Constr.* 2011. Т. 44, № 2. С. 541–559.
18. *Kupfer H., Hilsdorf H.K., Rusch H.* Behavior of Concrete Under Biaxial Stresses // *ACI Journal Proceedings.* 1969. Т. 66, № 8. С. 656–666.
19. *Page A.W.* The biaxial compressive strength of brick masonry // *Proc. Inst. Civ. Eng. (London).* Part 1 - Des. Constr. 1981. Т. 71, № pt 2. С. 893–906.
20. *Vilppo J. u др.* Anisotropic damage model for concrete and other quasi-brittle materials // *Int. J. Solids Struct.* The Authors, 2021. Т. 225. С. 111048.
21. *Кабанцев О.В.* Пластическое деформирование и разрушение каменной кладки в условиях двухосного напряженного состояния // *Вестник МГСУ.* 2016. № 2. С. 34–48.
22. *Качанов Л.М.* О времени разрушения в условиях ползучести // *Известия академических наук СССР.* 1958. Т. 8. С. 26–31.
23. *Работнов Ю.Н.* О разрушении вследствие ползучести // *ПМТФ.* 1963. № 2. С. 113–123.
24. *Lemaitre J.* A Course on Damage Mechanics // *A Course on Damage Mechanics.* 2nd изд. Springer Berlin Heidelberg, 1996. 244 с.
25. *Lemaitre J.* Evaluation of dissipation and damage in metals submitted to dynamic loading // *Proceedings of International Conference of Mechanical Behavior of Materials.* 1971.
26. *D'Altri A.M. u др.* Nonlinear modelling of the seismic response of masonry structures : Calibration strategies // *Bull. Earthq. Eng.* Springer Netherlands, 2021. Т. 19, № 7. С. 11–55.
27. *Nowak R. u др.* Strength parameters of clay brick walls with various directions of force // *Materials (Basel).* 2021. Т. 14, № 21. С. 1–18.

ОЦЕНКА ВИБРОСОСТОЯНИЯ ПУТЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДАНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ

Л.Ю. Тягунова

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (ННГАСУ)», 603000, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65, tyagunovaly@yandex.ru

Аннотация

Предметом исследования является влияние режимов эксплуатации помещений на вибросостояние конструкций здания. Целью исследования является изучение вибрационного воздействия на конструкцию перехода для дальнейшей разработки методики прогнозирования таких воздействий на конструкции общественных зданий. Рассмотрено влияние движения людских потоков на вибросостояние конструкций перехода между учебными корпусами. Приводятся данные по вибросостоянию конструкции перехода между корпусами учебного заведения, полученные опытным путем посредством измерения колебаний блоком акселерометров. Моделируются различные эксплуатационные режимы передвижения групп людей разной численности. Производится анализ полученных значений ускорений, максимальных частот и перемещений возникающих при движении групп людей разной численности. Приводится разложение по частотным диапазонам, сравнение полученных данных с требованиями нормативных документов.

ВВЕДЕНИЕ

Говоря о вибрациях в зданиях и сооружениях принято выделять внешние и внутренние источники этих воздействий. В роли внешних источников могут выступать различные природные (интенсивный ветер, землетрясения и т.д.) [1-3] или техногенные -(рельсовый транспорт, строительные работы и т.д.) [4-6] факторы. К внутренним источникам принято относить различные машины и механизмы, располагающиеся внутри зданий или сооружений.

Однако, в зданиях с высокой проходимостью людских потоков такая проблема тоже может быть актуальной [1-8]. Наиболее актуальна эта проблема для общественных зданий: торговые и торгово-развлекательные центры, офисные здания, учебные заведения и т.п.

Безусловно, помещения постоянного пребывания не подвергаются данным воздействиям, но помещения, носящие «связную» функцию в полной мере подвержены такому роду нагрузок. Основной функцией таких помещений обычно служит перемещение людей между помещениями, а также в направлении входа/выхода в/из здания. К помещениям данного типа можно отнести коридоры, лестницы, переходы между корпусами зданий, холлы и т.п.

Эксплуатация таких помещений происходит посредством трех режимов: эксплуатационный, режим повышенной нагрузки, эвакуационный. При эксплуатационном режиме движение людей не оказывает вибрационного воздействия на конструкции, так как осуществляется малыми группами людей или же отдельными людьми. При этом в режиме повышенной нагрузки и эвакуационном режиме вибрационное воздействие на конструкции в разы возрастает. При данных режимах передвижение людей носит массовый характер и может превышать значения нормативной нагрузки [9], что требует особого внимания при расчете и проектировании конструкций.

Для получения более точной информации о вибросостоянии конструкции необходимо измерение уровня вибраций. Кроме того, посредством таких измерений можно удостовериться в верности расчетов при проектировании здания, а также оценить состояние сооружения при возникновении новых источников вибрационной активности, не учтенных проектом изначально.

Вибрации и колебания в конструкциях зданий и сооружений являются наиболее опасными в случае невозможности их прогнозирования. Поэтому измерения и анализ вибрационной активности конструкций зданий и сооружений является одной из важнейших задач современной науки.

Основным отличием режима эвакуации от режима повышенной нагрузки заключается в большей скорости движения людей по путям эвакуации, а значит, в большей динамической интенсивности воздействия людских потоков на конструкции рассматриваемых помещений.

Предметом исследования в настоящей статье является влияние второго и третьего режимов эксплуатации помещений на вибросостояние конструкций.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рамках исследования были замоделированы три режима эксплуатации конструкций здания: эксплуатационный, повышенной нагрузки и эвакуационный режимы. Моделирование режимов осуществлялось с помощью групп из различного количества человек: от 1 до 14.

Во время моделирования эксплуатационного режима движение людей производилось спокойным шагом, режима повышенной нагрузки – плотной группой быстрым шагом, эвакуационного режима – легким бегом. В первом случае была симитирована ситуация обычного рабочего дня, когда люди передвигаются по связующим помещениям спокойным шагом бессистемно. Во втором случае была произведена имитация «часа пик», когда люди торопятся на работу или с нее, или, рассматривая учебное заведение, передвижение студентов в перемену. В третьем случае – эвакуация людей из здания.

Измерения производились в Нижегородском государственном архитектурно-строительном университете с помощью акселерометра типа ТБА (трехосный блок акселерометров) (рис. 1). Объектом исследования стал переход между корпусами 1 и 4 (рис.2). Акселерометр устанавливался в точке ожидаемого наибольшего значения перемещений.

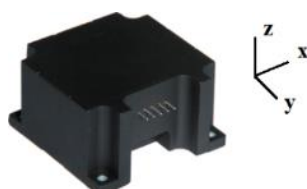


Рис. 1. Акселерометр типа ТБА.



Рис. 2 – Общий вид перехода снаружи и внутри здания.

Датчик, используемый для измерений – прибор, разработанный АО АНПП «ТЕМП-АВИА». Он измеряет проекции линейного ускорения на взаимноортогональные оси самого прибора.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В процессе исследования были проведены два эксперимента по изучению вибрационного влияния людей на конструкции перехода. В рамках первого эксперимента была задействована группа людей из 13 человек и измерения проводились в двух точках перехода: в середине пролета и у опоры.

На рисунках 6-7 [10] показаны результаты изменений в каждой точке в период времени наблюдений первого эксперимента. На основании произведенных измерений были определены максимальные значения частот колебаний и виброперемещений.

В первом приближении характер колебаний был принят квазигармоническим, удовлетворяющим закону:

$$A(t) = A \cdot \cos(\omega t), \quad (1)$$

где z – виброперемещение;

A – максимальная амплитуда колебаний;

ωt – начальная фаза колебаний;

ω – круговая частота,

t – изучаемый момент времени.

Из формулы 1 очевидно, что закон изменения ускорений имеет вид:

$$\frac{d^2A}{dt^2} = \ddot{A}(t) = -Z\omega^2 \cdot \cos(\omega t) \quad (2)$$

откуда максимальное виброускорение $|a_{max}| = A\omega^2$. По данным акселерограмм (рис.6-7 [10]) могут быть определены экспериментально зафиксированные значения ω и $|a_{max}|$, по которым вычисляется амплитуда:

$$Z = \frac{|a_{max}|}{\omega^2}$$

Результаты вычислений представлены в таблице 1.

Табл. 1. Результаты вычислений эксперимента 1.

	Переход, т.1	Переход, т.2
Максимальная частота, Гц	24	33
Максимальное перемещение, мкм	7,53	3,98

Во втором эксперименте были задействованы группы людей разной численности (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 14 человек) и измерения проводились только в точке, находящейся в середине пролета. Основной целью данного эксперимента было выявление закономерностей при движении различного количества людей через переход в точке с ожидаемыми наибольшими перемещениями.

Также, как и в первом эксперименте были замоделированы три режима движения людей в общественных зданиях. Кроме того, был замоделирован вариант движения людей друг навстречу другу, который имитирует ситуацию близкую к панике во время эвакуационного режима движения.

На основе полученных измерений получили следующие результаты максимальных значений частот и виброперемещений (табл.2).

Табл. 2. Результаты вычислений эксперимента 2.

Кол-во чел.	Режим эксплуатации		Режим повышенной нагрузки		Режим эвакуации	
	Максимальная частота, Гц	Максимальное перемещение, мкм	Максимальная частота, Гц	Максимальное перемещение, мкм	Максимальная частота, Гц	Максимальное перемещение, мкм
1	28	1,9	24	3,5	24	14,455
2	27	1,7	25	2,5	25	7,8
3	42	1,8	28	3,5	25	12,55
4	24	1,5	26	2,2	25	10,61
5	26	1,9	28	3	25	17,79
6	26	3,4	24	3,4	24	11,76
7	30	2,4	25	10,7	25	8,24
8	26	2,9	25	8,5	26	8,147
14	26	5,9	26	10	24	26,84
Встречное движение						
1+1	22	1,52	21	6,18	23	7,7
2+2	22	7,02	25	4,72	23	19,7
3+3	24	4,03	23	6,36	25	73,2
7+7	26	8,92	25	8,95	24	10,7

Анализируя полученную выборку данных, можно сделать вывод, что в большинстве случаев значения перемещений увеличивалось при увеличении скорости движения людей, а также от их количества. Однако, в полученных результатах есть и некоторые погрешности. Например, максимальное значение виброперемещения получилось в случае движения шести человек навстречу друг другу (рис. 3-5).



Рис. 3 – Акселерограмма при имитации эксплуатационного режима движения.



Рис. 4 – Акселерограмма при имитации режима повышенной нагрузки.



Рис. 5 – Акселерограмма при имитации эвакуационного режима движения.

Данная погрешность могла быть вызвана как качеством измерений, так и разной комплекцией людей входящих в составы групп.

ВЫВОДЫ

На основании анализа результатов проведенных экспериментов, можно сделать следующие выводы:

- обследуемая конструкция является безопасной для ежедневной эксплуатации людей, т.к. значения частот вибраций и амплитуд виброускорений не выходят за установленные нормативными документами пределы;
- значения амплитуд виброперемещений имеют порядок «десятков микрон», что указывает на отсутствие значимых колебаний конструкции и невозможность наступления резонанса при рассмотренных условиях;
- для составления полного динамического портрета конструкции необходимо проведения большего количества экспериментов с группами людей разной численности для возможности дальнейшей разработки методики прогнозирования колебаний конструкций, что планируется выполнить в последующих исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Динамика строительных конструкций при экстремальных природных воздействиях: колебания, прочность, ресурс. Монография/ П.А. Хазов, Д.А. Кожанов, А.М. Анущенко, А.А. Сатанов; ННАСУ. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2022 – 98 с.
2. Назаров, Ю.П. Теория и практика расчетов строительных сооружений на сейсмостойкость по акселерограммам // Ю.П. Назаров, Ю.Н. Жук, Е.В. Позняк, Ю.В. Панасенко, В.В. Курнавин // Тезисы докладов XI Российской национальной конференции по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию (с международным участием). – М. – 2015. – С. 131-132.
3. Хазов, П.А. Резонансный анализ каркасного здания при сейсмических воздействиях различных частотных диапазонов / П.А. Хазов, А.А. Генералова, А.Е. Воробьева // Приволжский научный журнал /Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2019. – № 4. – С. 56-64.

4. Золина, Т. В. Исследование влияния вибрационных воздействий от автотранспорта на состояние конструкций фундамента жилого здания / Т. В. Золина, Н. В. Купчикова. – Текст : непосредственный // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2019. – № 3 (29). – С. 24–29.
5. Шутова, О. А. Анализ вибрационного воздействия автотранспорта на конструкции фундаментов жилых зданий : специальность 05.23.02 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шутова Ольга Александровна ; [Место защиты : Волгоградский государственный технический университет]. – Волгоград, 2018. – 17 с. – Текст : непосредственный.
6. Ерофеев, В.И. Мониторинг вибросостояния здания плотной городской застройки с помощью микроволнового интерферометра/ В.И. Ерофеев, И.В. Шкода, Е.Н. Облетов, Т.В. Юрченко, К.В. Голубева // Приволжский научный журнал /Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2022. – №2. – 9-15.
7. Савин, С. Н. Современные методики определения динамических параметров зданий и сооружений в соответствии с ГОСТ Р 53778-2010 и ГОСТ Р 54859-2011 / С. Н. Савин, И. Л. Данилов. – Текст : непосредственный // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты) / Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС РФ. – Санкт-Петербург, 2013. – № 3 (7). – С. 37–46.
8. Егупов К.А. Метод построения крутильно-поступательных форм собственных колебаний многоэтажных зданий /К.А. Егупов/ Вестник Дагестанского государственного технического университета. – 2012. – № 27. – С.69-76.
9. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменениями N 1, 2).
10. Суханов, С.В. Инструментальная оценка вибросостояния конструкций общественного здания при движении людских потоков в различных режимах/ С.В. Суханов, А.Н. Шипунов, И.В. Шкода, Л.Ю. Тягунова, В.В. Кувалов, П.А. Хазов// Приволжский научный журнал /Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2023. – №1. – 15-21.

МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, ПОВРЕЖДЕННЫХ КОРРОЗИЕЙ

Т.А. Мацевич¹, С.В. Герасимова²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹MatseevichTA@mgsu.ru

Аннотация

В работе проведена оценка надежности с использованием методов статистического моделирования. Это позволило с достаточной достоверностью определить показатели надежности конструкции, выявить наиболее и наименее весомые для практических расчетов параметры.

Для сравнительного анализа влияния агрессивной среды на конструкцию был произведен расчет двух балок с одинаковыми исходными параметрами, одна из которых была подвержена воздействию агрессивной среды. В результате проведенных расчетов показано, что эксплуатационная пригодность падает ниже уровня заданного индекса надёжности уже в возрасте 11-17 лет и полностью исчерпывает запас к 19-20 годам службы.

Данные исследования подчеркивают важность и актуальность вероятностных расчетов в том числе, с учетом агрессивных сред.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из аспектов поддержания в надежном состоянии эксплуатируемых железобетонных конструкций зданий и сооружений является попытка установить связь между запроектными воздействиями, конструктивными решениями несущих систем, применяемыми материалами и их безопасностью [1-7,9-11].

Нормативная база по расчету железобетонных конструкций не использует вероятностные методы для проектирования из-за недостаточного количества экспериментальных статистических данных. На практике для железобетонных конструкций применяется метод расчета по предельным состояниям [8].

При рассмотрении надежности конструкций следует учитывать особенности, не отражаемые детерминированными моделями: изменчивость механических характеристик материалов и геометрических размеров; вероятностный характер воздействий; влияние фактора времени на свойства материалов и характер воздействий среды.

Поэтому для более корректной оценки надежности деградирующих железобетонных конструкций следует применять вероятностные модели.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Модель воздействия агрессивной среды обычно включает модель, описывающую проникание агрессивной среды в конструктивный элемент, зависимость механических характеристик бетона от параметров агрессивной среды в объеме конструкции, а также модель коррозии арматуры.

Алгоритм расчета для модели элемента, поврежденного коррозией

1) В момент ($t = 0$) к конструктивному элементу приложена нагрузка, создающая в ней соответствующие усилия.

2) По мере проникания хлоридосодержащей среды происходит изменение механических характеристик бетона защитного слоя.

3) При продолжении процесса в местах, где концентрация среды превышает критическое, происходит коррозионный износ арматурных стержней. Изменение прочности сечения происходит из-за деградации бетона и коррозии арматуры.

4) Наступление предельного состояния по несущей способности.

Расчет будет производиться по сечению прямоугольной балки с растянутой и сжатой арматурой. Значение M_{ult} для изгибаемых элементов прямоугольного сечения определяют по формуле:

$$\sum M = \gamma_{b1} \cdot R_b \cdot b(x - \delta) \cdot \left(h_0 - \delta - \frac{x - \delta}{2}\right) + \gamma_{b1} \cdot R_{bcor} \cdot b \cdot \delta \left(h_0 - \frac{\delta}{2}\right) + R_{sc} \cdot A'_s(h_0 - a), \quad (1)$$

при этом высоту сжатой зоны x определяют:

$$\sum X = 0, \quad (2)$$

$$x = \frac{R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s + R_b \cdot b \cdot \delta - R_{bcor} \cdot b \cdot \delta}{R_b \cdot b} \quad (3)$$

Для проверки производят расчет по моменту, относительно центра тяжести сжатой зоны бетона, состоящей из поврежденной и неповрежденной частей бетона (рис.1).

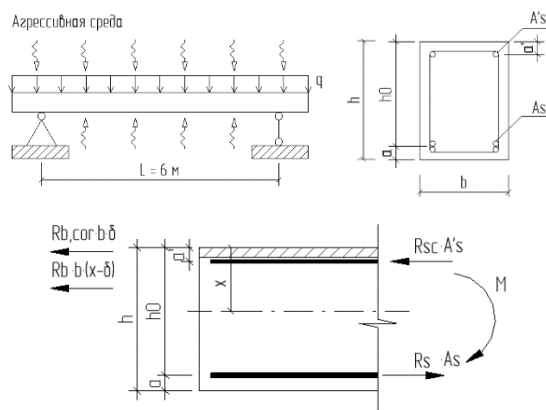


Рис. 1. Расчетная схема балки. Схема усилий в сечении

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для сравнительного анализа влияния агрессивной среды на конструкцию был произведен расчет двух балок с одинаковыми исходными параметрами (рис.2). Одна из балок была подвержена воздействию агрессивной среды в течение всего срока эксплуатации.

Оценка надежности балки без повреждений

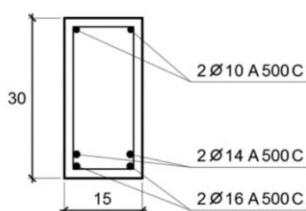


Рис.2. Сечение балки

Произведен численный расчет сечения и определены распределение резерва его прочности и индекс надежности. В результате расчета получен индекс надежности конструкции $\beta = 6,0$.

Расчет надежности железобетонной изгибаемой балки, поврежденной коррозией

Для каждого шага по времени определялись значения концентрации агрессивной среды в точках сечения по высоте, затем прочность корродированного участка бетона и потери сечения арматуры, при выполнении условия начала коррозии. Для каждого момента времени производилась проверка условия наступления отказа.

Значения расчетных параметров для балки, находящейся в агрессивной среде отражены в таблице 1.

Табл. 1. Расчетные параметры исследуемого сечения

Данные для генерации (нормальное распределение)				
Случайные характеристики				
Параметр	Мат. ожидание		Коэф. вар.	Закон распределения
h	0,3	м	0,01	Н
b	0,15	м	0,01	Н
a	0,03	м	0,1	Н
D	0,0000368	м ² /год	0,07	Н
C_s	10,9	кг/м ³	0,06	Н
R_b	14,5	Мпа	0,125	Н
k	0,002	м/год	0,15	Н

Для определения весомости случайных параметров балки проводился расчет с учетом случайных свойств этих параметров по отдельности. На рисунках 3-7 представлены графики изменения индекса надежности с учетом генерации исследуемого параметра. Отражены наиболее весомые параметры по результату расчета в программном комплексе VBA. Изменчивость параметров k, b практически не сказалась на несущей способности балки, и близко к решению задачи с математическим ожиданием соответствующих величин.

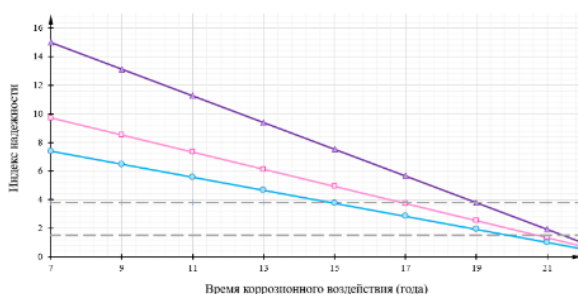


Рис.3. Изменение индекса надежности от высоты h с учетом увеличения и уменьшения коэффициента вариации на 30 %

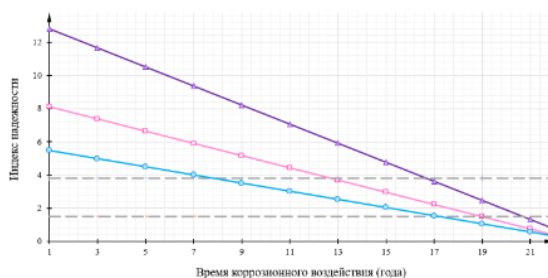


Рис.4. Изменение индекса надежности от толщины защитного слоя a с учетом увеличения и уменьшения коэффициента вариации на 30 %

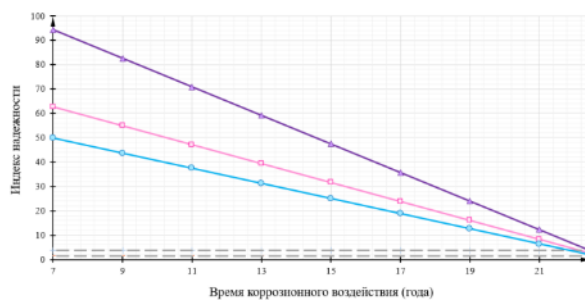


Рис.5. Изменение индекса надежности от коэффициента диффузии D с учетом увеличения и уменьшения коэффициента вариации на 30 %

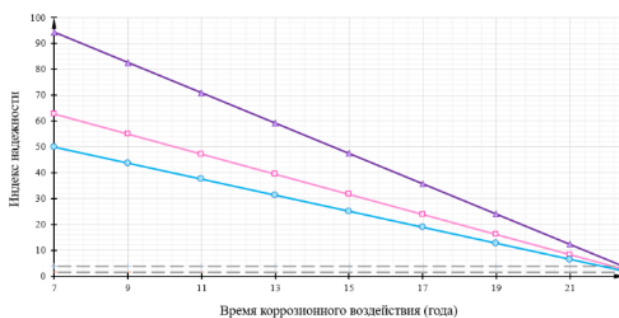


Рис.6. Изменение индекса надежности от поверхностной концентрации хлорида C_s с учетом увеличения и уменьшения коэффициента вариации на 30 %

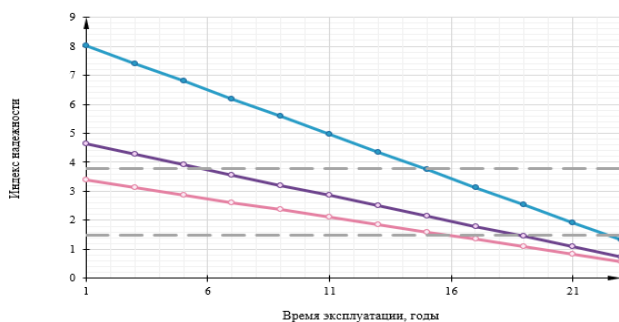


Рис.7. Изменение индекса надежности от прочности бетона R_b с учетом увеличения и уменьшения коэффициента вариации на 30 %

При расчете с использованием математических ожиданий всех параметров график изменения индекса надежности представлен на рисунке 8.

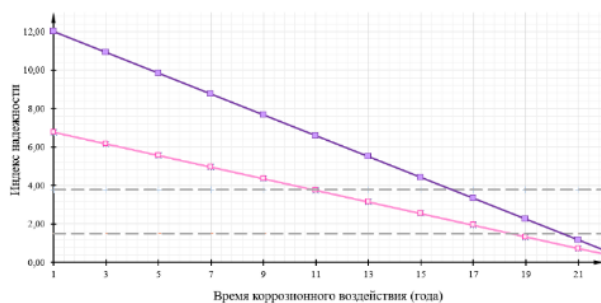


Рис.8. Изменение индекса надежности с учетом математического ожидания всех величин и с учетом генерации каждой из рассматриваемой переменной

В качестве заданного индекса надежности для оценки надежности и долговечности конструкции принимался $\beta = 3,8$, причем снижение индекса до значения $\beta = 1,5$ означает полную эксплуатационную непригодность [12].

ВЫВОДЫ

В результате расчета балки, подверженной воздействию агрессивной среды в течение всего срока эксплуатации, показано, что эксплуатационная пригодность падает ниже уровня заданного индекса надёжности уже в возрасте 11-17 лет и полностью исчерпывает запас к 19-20 годам службы. Это подчеркивает важность и актуальность вероятностных расчетов в том числе, с учетом агрессивных сред.

Оценка надежности с использованием методов статистического моделирования позволила с достаточной достоверностью определить показатели надежности конструкции, выявить наиболее и наименее весомые для практических расчетов факторы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков, Д.А. Прочность и деформативность усиленных железобетонных элементов с коррозионными повреждениями: автореферат дисс. ... кандидата технических наук: 05.23.01 / Новиков Дмитрий Андреевич; [Место защиты: Моск. гос. ун-т путей сообщ. (МИИТ) МПС РФ]. - Москва, 2013. - 20 с.
2. Овчинников, И.Г. Расчет элементов конструкций с наведенной неоднородностью при различных схемах воздействия хлорсодержащих сред / И.Г. Овчинников, Н.С. Дядькин. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2003. – 220 с.
3. Павлинов, В.В. Надежность железобетонных конструкций при кратковременных малоцикловых нагружениях [Текст]: автореф. диссертации к-та. техн. наук: 05.23.01/ Павлинов В.В. М., - 2000. - 210с.
4. Пахомова, Е.Г. Прочность изгибаемых железобетонных конструкций при коррозионных повреждениях [Текст]: автореф. диссертации к-та. техн. наук: 05.23.01/ Пахомова Е.Г. О., - 2006. - 165с.
5. Попов, Д.С. Силовое сопротивление коррозионно-поврежденных сжатых железобетонных элементов при динамическом нагружении [Текст]: автореф. диссертации к-та. техн. наук: 05.23.01/ Попов Д.С. М., - 2020. - 179с.
6. Пухонто, Л.М. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений (силосов, бункеров резервуаров, водонапорных башен, подпорных стен) / Л.М. Пухонто. – М.: Изд. АСВ, 2004. – 424 с.
7. Сорокин, Е.В. Расчет и прогнозирование долговечности железобетонных конструкций: дис ... кандидата технических наук: 05.23.01 / Сорокин Евгений Вячеславович; [Место защиты: Пенз. гос. ун-т архитектуры и стр-ва]. - Саранск, 2014. - 206 с. : ил.
8. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции
9. Тамразян, А.Г. Вероятностный метод расчета долговечности железобетонных конструкций, подверженных воздействию хлоридов // В сборнике: Актуальные проблемы строительной отрасли и образования - 2021. Сборник докладов Второй Национальной научной конференции. Москва, 2022. С. 100-106.
10. Тамразян, А.Г. Методология анализа и оценки надежности состояния и прогнозирование срока службы железобетонных конструкций // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 1. № 1. С. 5–18.
11. Тамразян, А.Г., Мацевич Т.А. Анализ надежности железобетонной плиты с корродированной арматурой. Строительство и реконструкция. 2022; №1(99).Стр.89-98.
12. EN 1990 Eurocode - Basis of structural design [Text]: The European Union Per Regulation, 2002. - 58 p.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРУБОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПОЛИМЕРНОЙ ОБОЛОЧКОЙ

А.П. Помазов¹, П.А. Хазов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (ННГАСУ)», Россия, г. Н. Нижний, ул. Ильинская, д. 65,

¹romazov.a.p@yandex.ru

²khazov.nngasu@mail.ru

Аннотация

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований трубобетонных элементов с полимерной оболочкой. По сравнению со стальной обоймой, имеющей значительную несущую способность при сжатии, полимерная оболочка почти не воспринимает продольную силу, являясь обоймой для создания трехосного напряженного состояния в бетоне и ограничения поперечных деформаций сердечника. Испытания осевой сжимающей нагрузкой проводились на лабораторных образцах, состоящих из полипропиленовых труб с сердечником из растворного камня, при помощи универсальной испытательной машины УИМ-30. Описана принципиальная схема экспериментальной установки и основные измеряемые параметры. В дополнительных исследованиях экспериментально были определены разрушающая нагрузка для бетонного сердечника, извлеченного из обоймы, и несущая способность полый полипропиленовой трубы. Рассматриваются два наиболее используемые сечения – РР-Н 50х1.8 и РР-Н 110х2.7. Определены разрушающие нагрузки и характер разрушения для элементов в полимерной обойме длиной 100 и 250 мм.

ВВЕДЕНИЕ

Работа трубобетонных элементов малогабаритных сечений под сжимающей нагрузкой в последние годы представляет особый интерес для российских и зарубежных ученых [1-4]. Данная тема затрагивает как вопросы разработки современных альтернативных материалов и технологий строительства, так и вопросы исследования напряженно-деформированного состояния искусственных каменных материалов в обойме. Отдельным направлением изучения трубобетонных композитов выделяется определение несущей способности элементов с полимерными оболочками [5-7].

В отличие от жесткой стальной обоймы, которая сама по себе хорошо воспринимает сжимающую нагрузку, полимерная оболочка воспринимает крайне малую долю продольной силы, основным ее назначением является – создание эффекта обоймы, при котором возникает трехосное напряженное состояние каменного сердечника, благоприятно влияющее на несущую способность композитного стержня.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для экспериментального исследования прочности трубобетонных элементов с полимерной оболочкой были изготовлены лабораторные образцы из полипропиленовых труб по ГОСТ 32414-2013 с наружным диаметром 50 и 110 мм, с толщиной стенки 1,8 и 2,7 мм соответственно. Длина образцов – 100 мм и 250 мм. Для равномерного распределения нагрузки на составное сечение, оболочка заполнялась растворной смесью с запасом, а затем после набора прочности торцы выравнивались при помощи алмазного диска и напильника. Внутри оболочки находится монолитный сердечник из искусственного каменного материала, для изготовления которой использовался цементно-песчаный раствор высокой подвижности. Марка применяемого раствора по прочности на сжатие определялась с помощью испытаний контрольных образцов-кубиков с размером грани 70,7 мм и составила М150.

Испытания осевой сжимающей нагрузкой проводилось в лаборатории кафедры Теории сооружений и технической механики при помощи универсальной испытательной машины УИМ-30 с максимальной сжимающей нагрузкой 30 тонн (рис. 1а,б). Нагрузка прикладывалась плавно, на всех этапах нагружения непрерывно замерялись осевые деформации (перемещение торцов образца) при помощи прогибомеров с точностью до 0,01 мм. Регистрация создаваемой на образец нагрузки осуществлялась с помощью аналогового циферблата силоизмерителя пресса. Процесс нагружения и деформирования фиксировался с помощью видеосъемки для дальнейшей обработки и построения диаграмм.

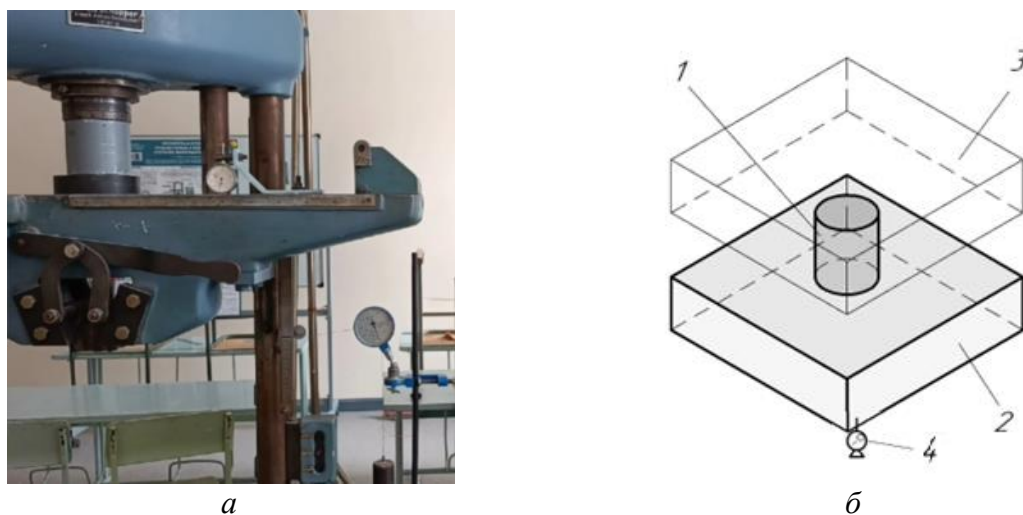


Рис. 1. Экспериментальная установка для испытаний цилиндрических образцов сжимающей нагрузкой: а – общий вид образца в установке; б – принципиальная схема экспериментальной установки. 1 – испытуемый образец; 2 – подвижная загружающая пластина; 3 – неподвижная загружающая пластина; 4 – индикатор сближения пластин.

Для определения разрушающей нагрузки для растворного сердечника использовались образцы, вырезанные из полимерной оболочки. В связи с этим, условия бетонирования и набора прочности такого сердечника полностью аналогичны растворному камню, входящему в состав трубобетонного элемента.

Также была определена предельная сжимающая нагрузка, выдерживаемая полипропиленовой трубой, путем их непосредственных испытаний. Так, для трубы РР-Н 50х1.8 по ГОСТ 32414-2013 длиной 100 мм нагрузка составила 7,05 кН, а для трубы РР-Н 110х2.7 по ГОСТ 32414-2013 длиной 100 мм – 15,5 кН.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе испытания растворных цилиндров разрушение происходило за счет образования продольных трещин на поверхности образца. На рис. 2а,б приведен общий вид образцов из растворного камня после разрушения. Разрушающая нагрузка для образца диаметром 46,4 мм составила 16 кН, для образца диаметров 104,6 мм – 124 кН. Видно, что несущая способность цилиндра меньшего диаметра занижена за счет «призменного эффекта» (поперечное сечения значительно меньше длины образца).

Полипропиленовая труба при сжатии осевой нагрузкой деформируется полностью упруго и неограниченно (рис. 2б), при этом при снятии нагрузки полимер практически полностью возвращается в исходную форму.

В таблице 1 приведены полученные экспериментально разрушающие нагрузки для трубобетонных стержней длиной 100 мм. Можно увидеть, что фактическая разрушающая нагрузка для трубобетонного стержня на 8-10% больше суммы дифференцированных несущих способностей сердечника и оболочки. Это превышение значительно ниже, чем в случае трубобетонных элементов со стальной оболочкой [8], однако наличие обоймы позволяет бетонному стержню работать при недопустимых для бетона деформациях.

Табл. 1. Разрушающие нагрузки для образцов длиной 100 мм

Сечение обоймы	Несущая способность сердечника, N_b , кН	Несущая способность трубы, N_t , кН	Сумма несущих способностей трубы и сердечника, $N_b + N_t$, кН	Несущая способность трубобетона, N_{tb} , кН
PP-H 50x1.8	16	7,05	23,05	28
PP-H 110x2.7	124	15,5	139,5	162

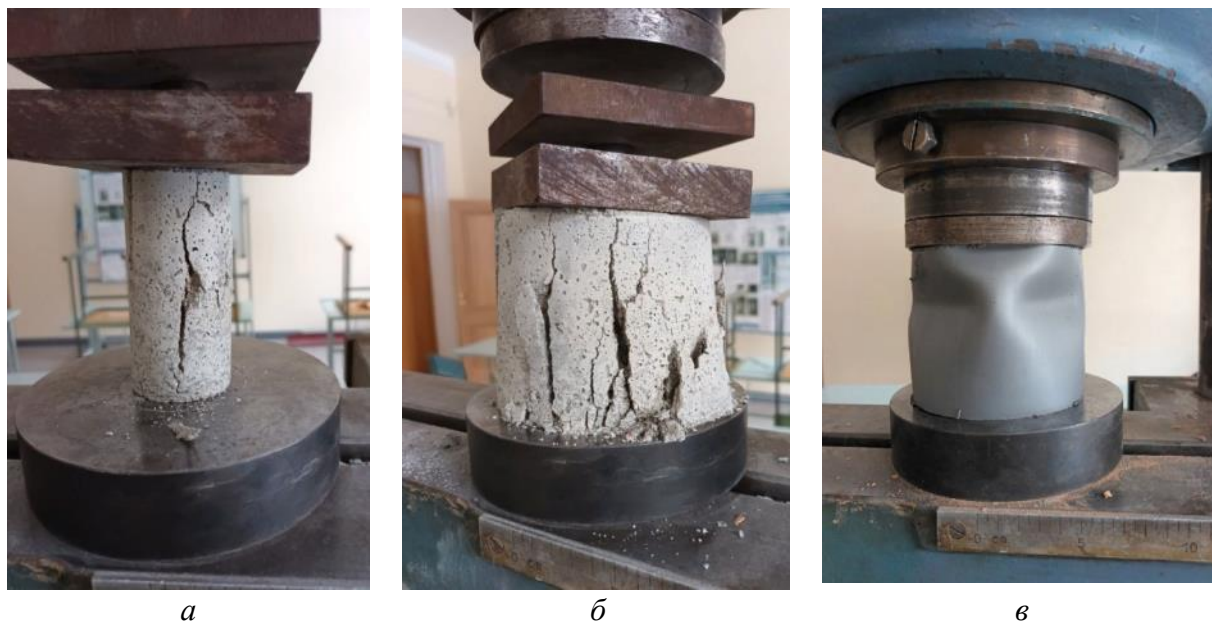


Рис. 2. Общий вид образцов после испытаний сжимающей нагрузкой:
а – цилиндр из растворного камня длиной 100 мм с диаметром 46,4 мм;
б – цилиндр из растворного камня длиной 100 мм с диаметром 104,6 мм;
в – полипропиленовая труба PP-H 110x2.7 по ГОСТ 32414-2013 длиной 100 мм

Разрушение образцов с диаметром 50 мм длиной 100 мм и с диаметрами 50 и 110 мм длиной 250 мм произошло по наклонному сечению за счет скольжения частиц материала под углом, близким к 45°, то есть в направлении главных касательных напряжений (рис.3).

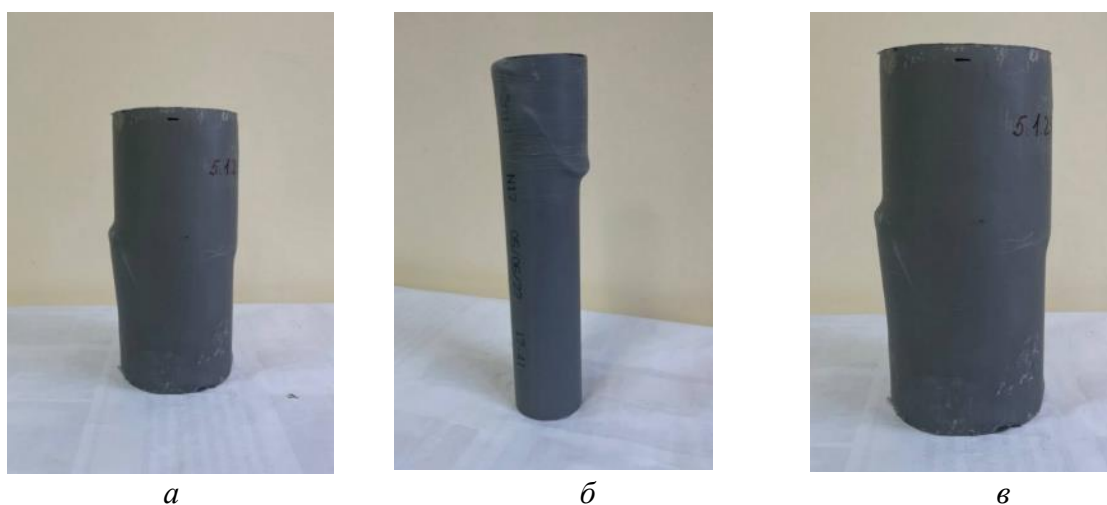


Рис. 3. Характер разрушения трубобетонных стержней по наклонному сечению:
а – образец из трубы PP-H 50x1.8 длиной 100 мм; *б* – образец из трубы PP-H 50x1.8 длиной 250 мм; *в* – образец из трубы PP-H 110x2.7 длиной 250 мм

Разрушение образца с диаметром 110 мм длиной 100 мм произошло по нормальному сечению (рис. 4,а). При дальнейшем нагружении образец продолжил пластически деформироваться без увеличения нагрузки (зона пластических деформаций), но вместе с тем происходило поперечное расширение сердечника, создающее предельные растягивающие кольцевые напряжения в полимерной оболочке, в результате чего произошло окончательное разрушение образца со взрывом (рис. 4,б) из-за образования продольной трещины в трубе (рис. 4,в).



Рис. 4. Характер разрушения трубобетонного стержня по нормальному сечению: а – образец из трубы РР-Н 110х2.7 длиной 100 мм; б – момент взрыва образца за счет разрыва оболочки; в – полимерная труба после разрушения трубобетонного образца

ВЫВОДЫ

Таким образом, проведенное экспериментальное исследование показывает, что полимерная оболочка играет значительную роль в композитном сечении, поскольку она ограничивает бетон от чрезмерных поперечных деформаций, создавая трехосное напряженное состояние. Несмотря на то, что полипропиленовая труба воспринимает малую долю продольной сжимающей нагрузки, по сравнению со стальной облоймой, разрушающая нагрузка для составного трубобетонного стержня превышает сумму разрушающих нагрузок при раздельной работе облоймы и сердечника.

Разрушение образцов с длиной более чем в два раза превышающей размер поперечного сечения произошло по наклонному сечению за счет скольжения частиц материала в направлении главных касательных напряжений. Разрушение образца с одним порядком длины и поперечных размеров произошло по нормальному сечению с последующим взрывом в момент достижения кольцевых растягивающих напряжений в оболочке предельных значений.

Приведенные в настоящей статье исследования направлены на изучение напряженно-деформированного состояния композитных каменных стержней с полимерной оболочкой при кратковременном статическом нагружении, и поэтому имеют ограниченное применения и дальнейшие перспективы исследования, учитывающие факторы, влияющие на длительную прочность и деформативность, например такие, как ползучесть бетона и старение оболочки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кришан, А.Л., Заикин А.И., Кунфер М.С. Определение разрушающей нагрузки сжатых трубобетонных элементов // Бетон и железобетон. 2008. №2. С. 22-25.
2. Кришан, А.Л., Римшин В.И., Рахманов В.А. Несущая способность коротких трубобетонных колонн круглого сечения // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 4(370). С. 220-225.

3. Wang, J., Sun Q., Li J. Experimental study on seismic behavior of high-strength circular concrete-filled thin-walled steel tubular columns // *Engineering Structures*. 2019. Vol. 182. P. 403-415.
4. Шкода И.В., Хазов П.А., Помазов А.П., Ситникова А.К., Кожанов Д.А. Физическое и численное моделирование стальных и сталежелезобетонных конструкций из труб : монография // Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2023. 135 с.
5. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Чесноков Г.В., Михалдыкин Е.С. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 3. Опыт применения полимерных композитных материалов в мостостроении // Интернет-журнал «Науковедение». 2015. Том 7, №5. С. 1-39.
6. Наумов А.Е., Шевченко А.В., Долженко А.В., Бодяков С.Н., Гвасалия Х.Д. Исследование прочности контакта пластиковой трубы и бетона при расчете пластикотрубобетонных конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. №9. С. 38-45.
7. Панченко Л.А., Серых И.Р., Юрьев А.Г. Напряжения в трубофибробетонных изгибаемых элементах // МНИЖ. 2015. №3-1 (34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/napryazheniya-v-trubofibrobetonnyh-izgibaemyh-elementah> (дата обращения: 14.12.2023).
8. Хазов, П.А., Помазов А.П. Прочность и продольный изгиб трубобетонных стержней при центральном сжатии // *Строительная механика и конструкции*. 2023. № 2(37). С. 77–86.

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ КОЛОНН

А.Р. Туснин, Т.В. Галстян, М.П. Бергер

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение несущей способности колонны одноэтажного промышленного здания обусловлено её способностью воспринимать действующие усилия. Колонны одноэтажных производственных зданий представляют собой внецентренно-сжатые элементы [1, 2]. Расчётная длина колонн определяется граничными условиями. Нижний конец каркасов одноэтажных промышленных зданий обычно жёстко закреплён в фундаменте, а к верхнему концу колонны шарнирно или жёстко крепится ригель рамы. При шарнирном креплении ригеля расчётная длина колонны равна удвоенной высоте здания. В действующих нормах отсутствуют рекомендации, позволяющие учесть влияние конструкции ограждения покрытия и конструкции торцевых стен на усилия в колоннах и их расчётную длину. Для оценки влияния этих факторов на работу колонн представляет интерес исследование распределения усилий в каркасе одноэтажного производственного здания с учётом конструктивного решения ограждения покрытия и наличия вертикальных связей по торцевым стенам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для оценки влияния конструкции покрытия и торцевых стен рассчитано одноэтажное бескрановое здание размерами в плане 66х22 м, высотой до низа стропильных конструкций 10 м. Место расположения здания г.Москва. Рассмотрено четыре варианта конструктивного решения каркаса здания:

– Вариант А: Шаг колонн 6 м, шаг ферм 6 м, система покрытия, состоящая из ферм, прогонов и связей, ограждающей конструкцией кровли являются сэндвич-панели;

– Вариант Б: Шаг колонн 6 м, шаг ферм 6 м, система покрытия, состоящая из ферм, прогонов и связей, ограждающей конструкцией кровли является кровельный пирог (профлист-утеплитель-профлист);

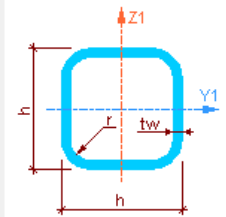
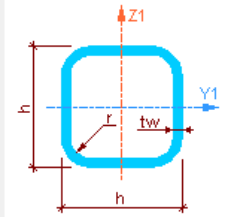
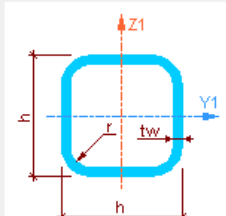
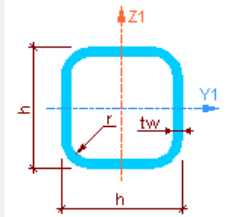
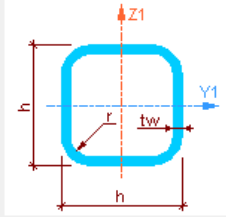
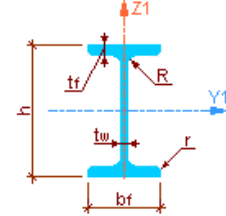
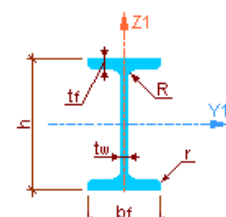
– Вариант В: Шаг колонн 6 м, шаг ферм 3 м, система покрытия, состоящая из ферм, подстропильных балок и связей, ограждающей конструкцией кровли являются сэндвич-панели;

– Вариант Г: Шаг колонн 6 м, шаг ферм 3 м, система покрытия, состоящая из ферм, подстропильных балок и связей, ограждающей конструкцией кровли является кровельный пирог (профлист-утеплитель-профлист); можно заметить существенную разницу в результатах расчета в связи с различной жесткостью систем конструкций покрытия при одинаковых нагрузках.

В расчётную схему включены колонны, фермы покрытия, прогоны, профилированный настил, фахверковые колонны, распорки по колоннам продольных и торцевых стен, горизонтальные и вертикальные связи. Все основные несущие элементы каркаса и элементы ферм моделировались стержневыми конечными элементами. Все элементы каркаса и ограждения выполнены из стали. Колонны, пояса ферм, опорные раскосы и прогоны выполнены из стали С355. Остальные элементы, в том числе профнастил выполнены из стали С255.

В табл.1 представлены сечения основных элементов каркаса.

Табл. 1 - Жесткости расчетной модели

Тип жесткости	Имя	Вид	Параметры
1	Профиль стальной гнутый замкнутый 140 х 5 (Верхний пояс фермы) ГОСТ 30245-2012		$h = 14\text{см}; tw = 0.5\text{см}; R = 0.5\text{см};$
2	Профиль стальной гнутый замкнутый 120 х 4 (Нижний пояс фермы) ГОСТ 30245-2012		$h = 12\text{см}; tw = 0.4\text{см}; R = 0.4\text{см};$
3	Профиль стальной гнутый замкнутый 100 х 4 (Опорный раскос фермы) ГОСТ 30245-2012		$h = 10\text{см}; tw = 0.4\text{см}; R = 0.4\text{см};$
4	Профиль стальной гнутый замкнутый 80 х 4 (Решётка фермы) ГОСТ 30245-2012		$h = 8\text{см}; tw = 0.4\text{см}; R = 0.4\text{см};$
5	Профиль стальной гнутый замкнутый 100 х 4 (Распорки и связи по колоннам) ГОСТ 30245-2012		$h = 10\text{см}; tw = 0.4\text{см}; R = 0.4\text{см};$
6	Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок 30Б1 (Балки Б1) ГОСТ 57837-2017		$h = 16\text{см}; tw = 0.4\text{см}; R = 0.4\text{см};$
7	Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок 30Б1 (Колонны К1) ГОСТ 57837-2017		$h = 16\text{см}; tw = 0.4\text{см}; R = 0.4\text{см};$

8	Уголки стальные горячекатаные равнополочные 90х6 (Горизонтальные связи ГС1) ГОСТ 8509-93		$h = 9,0\text{см}; bf = 9,0\text{см}; tw = 0.6\text{см}; R = 1,0\text{см};$
9*	Профиль стальной гнутый замкнутый 160 х 4 (Прогоны П1) ГОСТ 30245-2012		$h = 16\text{см}; tw = 0.4\text{см}; R = 0.4\text{см};$

*-прогоны предусмотрены только в вариантах А и Б

В вариантах Б и Г учитывалось включение в работу совместно с несущими элементами покрытия профилированного настила. Эффективное включение профилированного настила возможно при его креплении к несущим конструкциям самонарезающими винтами в каждой волне. В этом случае он работает на сдвиг и повышает жёсткость конструкции в плоскости покрытия. Сдвиговая жёсткость настила определяется с использованием методики ЦНИИПСК [7], расчёт жёсткости выполнен для профилированного настила Н75-750-0,8, который использован в вариантах Б и Г.

Сдвиговую жёсткость профилированного настила определяется по формуле:

$$C = K_0 \cdot \alpha_0 \cdot \beta_0 \cdot C_0 \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{b_0}{a_0}$$

где C_0 - сдвиговая жёсткость прямоугольной панели-эталона из профилированных листов рассматриваемого настила;

b_0 и a_0 - соответственно ширина и длина эталонных панелей, на которые разбивается рассматриваемый участок диафрагмы;

a и b - расчётные размеры рассматриваемого участка настила, параллельные сторонам панели-эталона a_0 и b_0 соответственно.

K_0 - коэффициент, учитывающий тип опорных креплений настила: для самонарезающих болтов и дюбелей – $K_0 = 1$; для сварных электрозаклёпок - $K_0 = 1,2$;

α_0 - коэффициент, учитывающий характер сдвигающей силы: при ветровых нагрузках $\alpha_0 = 1,0$; при крановых и сейсмических нагрузках $\alpha_0 = 0,8$;

β_0 - коэффициент, учитывающий конструкцию покрытия и принимаемый по табл. 2.

Табл. 2. Коэффициент, учитывающий конструкцию покрытия

Конструкция покрытия	Схема работы настила	Условия закрепления прогона на опорах	β_0
беспрогонная	разрезная	-	1,0
	неразрезная	-	1,2
с прогонами	разрезная	шарнирное опирание	0,7
		закрепление препятствует кручению	0,9
	неразрезная	шарнирное опирание	0,8
		закрепление препятствует кручению	1,0

Для расчётной оценки горизонтального прогиба диафрагм с профилированным настилом при изгибе в своей плоскости рекомендуется прямоугольные участки настила между несущими элементами, к которым он прикреплен, заменить крестовой решёткой из стержней-связей, шарнирно соединённых с этими элементами.

Площадь сечения этих стержней определяется из условия равенства сдвиговых жёсткостей каждой связевой панели и соответствующего ей участка настила

$$A_{yc} = \frac{C \cdot d^3}{2Ea^2}$$

где C и a - обозначения те же, что в формуле (2);

$d = \sqrt{a^2 + b^2}$ - длина рассматриваемого участка настила по диагонали;

E - модуль упругости стали.

Для варианта Б $A_{yc}=57,5\text{мм}^2$, для варианта Г $A_{yc}=4,9\text{мм}^2$.

На каркас действуют постоянная нагрузка (вес несущих и ограждающих конструкций) и временные нагрузки (снеговая и ветровая). Нагрузки определены с учётом требований действующих норм [3-6]. Нагрузки на каркас приведены в табл.3.

Табл. 3. Нагрузки

№	Наименование нагрузок	Нормативная нагрузка, кг/м ²	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетная нагрузка, кг/м ²
	Постоянные			
1	Собственный вес	Учен, программным комплексом Lira Soft		
2	Ограждающие конструкции кровли и стен:	60	1,2	72,0
	Временные			
1	Снеговая нагрузка для района III (табл.10.1 СП 20.13330.2016)	150,0	1,4	210,0
2	Ветровая нагрузка для района I (табл.11.1 СП 20.13330.2016)	23,0	1,4	32,2

На рис.1-4 представлены конечно-элементные модели рассмотренных расчетных схем.

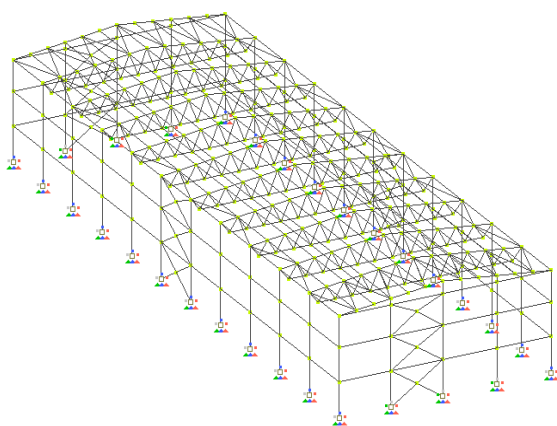


Рис. 1. Общий вид расчётной схемы А.

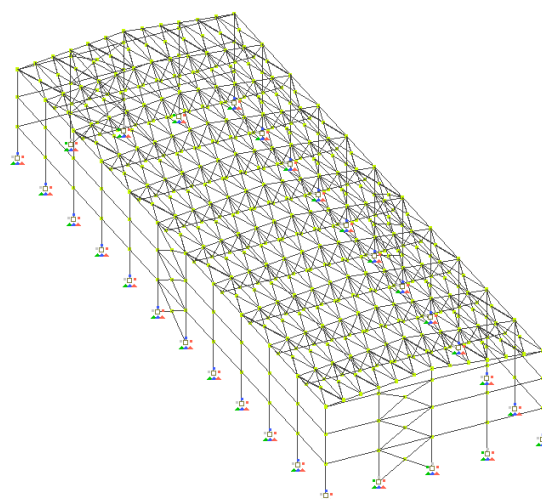


Рис. 2. Общий вид расчётной схемы Б.

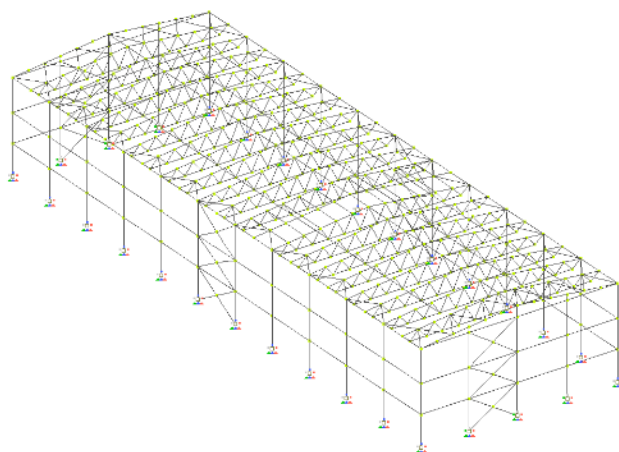


Рис. 3. Общий вид расчётной схемы В

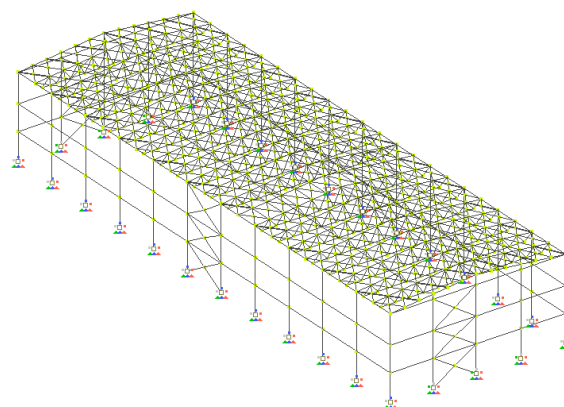


Рис. 4. Общий вид расчётной схемы Г

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании проведённых расчётов установлено, что работа каркаса во всех рассмотренных вариантах качественно отличается мало. Продольные усилия в колоннах достигают максимальных значений 240-260 кН. Максимальные значения изгибающих моментов наблюдаются в колоннах в середине температурного блока. На рис.5 показана эпюра продольных сил, а на рис.6 эпюра изгибающих моментов. Эпюры показаны для варианта каркаса А. Для остальных вариантов качественно эпюры усилий имеют такой же характер, как и для варианта А. В табл.4 представлены продольные силы и изгибающие моменты в средней наиболее нагруженной колонне.

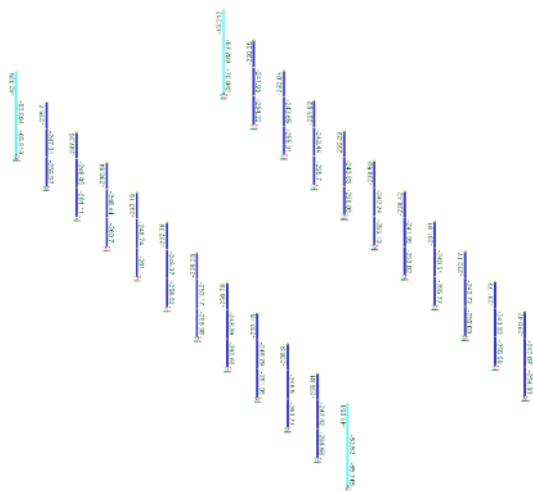


Рис. 5. Продольные усилия в колоннах.

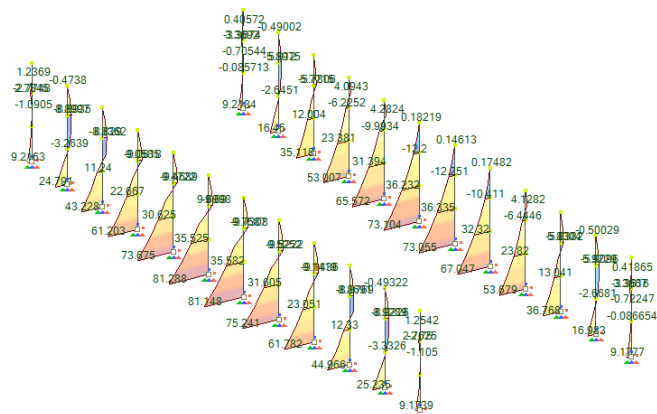


Рис. 6. Изгибающие моменты в колоннах.

Табл. 4 – Усилия в наиболее нагруженной колонне

№	Вариант	Продольная сила N, кН	Изгибающий момент M_y , кН*м
1	А	260	82
2	Б	260	56
3	В	240	125
4	Г	240	89

ВЫВОДЫ

На основании проведённых расчётов установлено следующее:

– Определение усилий в элементах одноэтажного производственного каркасного здания следует проводить с использованием пространственных расчётных схем с максимальным учётом всех особенностей конструктивного решения.

– Включение в работу профилированного настила даже при его не очень большой сдвиговой жёсткости ведёт к перераспределению горизонтальных нагрузок со средних колонн на торцевые стены и позволяет уменьшить изгибающие моменты в средних наиболее нагруженных колоннах до полутора раз.

– Использование пространственных расчётных схем и включение в расчётную схему ограждающих конструкций позволяет более точно оценить работу каркаса одноэтажного бескранового здания и снизить металлоёмкость колонн на 15%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование металлических конструкций. Часть 1: «Металлические конструкции. Материалы и основы проектирования». Учебник для ВУЗов под общей. ред. А. Р. Туснина – 2020.
2. Проектирование металлических конструкций. Часть 2: «Металлические конструкции. Специальный курс». Учебник для ВУЗов под общей. ред. А. Р. Туснина – 2020.
3. СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции».
4. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия».
5. СП 294.1325800.2017 «Конструкции стальные. Правила проектирования».
6. СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции».
7. ЦНИИПРОЕКТСТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ Рекомендации по учёту жесткости диафрагм из стального профилированного настила в покрытиях одноэтажных производственных зданий при горизонтальных нагрузках.

Секция 2. Строительные материалы и технологии

ПРОДВИЖЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ С БЕТОНОМ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Нгуен Ван Минь

*Университет транспортных технологий, 54 Триеу Хук, Тхань Суан, Ханой, Вьетнам,
minhvn@utt.edu.vn*

Аннотация

В данном исследовании рассматривается использование измельченного песка из отходов угольных шахт (ОУШ) в качестве заменителя речного песка для производства экологически чистого бетона с минимальной прочностью на сжатие в 35 МПа. Для достижения этой цели 40% цемента было заменено на 38% летучей золы и 2% нанокремнезема, а также изучено содержание замещения речного песка отходами угольных шахт (от 0 до 50%). Исследование включало анализ механических свойств (прочность на сжатие и изгибе) и воздействия на окружающую среду. Результаты показывают, что сочетание отходов угольных шахт, летучей золы и нанокремнезема в бетоне делает его более экологически чистым. Механические свойства и долговечность бетона с использованием отходов угольных шахт эквивалентны обычному бетону, обеспечивая необходимую прочность на сжатие в 35 МПа. Доказано, что использование отходов угольных шахт при производстве бетона эффективно заменяет традиционные заполнители, такие как речной песок, для снижения воздействия на окружающую среду и содействия устойчивому развитию.

Ключевые слова: Механические свойства, летучая зола F-класса, нанокремнезем, отходы угольных шахт, устойчивое развитие

ВВЕДЕНИЕ

Природные ресурсы, такие как песок и камень, используемые в производстве бетона, находятся под угрозой истощения. Тем не менее, при правильной обработке отходов они могут быть также эффективными, как и традиционные строительные материалы. Длительное использование природных заполнителей в больших масштабах, вероятно, будет сопровождаться экологическими проблемами [1]. Использование искусственных заполнителей угольной промышленности может решить двойную проблему нехватки материалов и снизить воздействие на окружающую среду. Процесс индустриализации протекает настолько быстро, что объем твердых отходов также увеличивается, что требует разработки эффективных методов их переработки. Страны, обладающие богатыми минеральными ресурсами, включая уголь, должны рассмотреть возможность использования отходов угольных шахт в строительной отрасли. Предыдущие исследования в этой области показывают, что отходы можно эффективно использовать для производства строительных материалов, таких как цементный бетон и торкрет-бетон [2–4].

В настоящее время миллионы тонн пустой породы, образующейся при добыче угля, остаются необработанными, вызывая проблемы загрязнения почвы, воды и воздуха [5]. Предыдущие исследования изучали использование отходов угольных шахт в качестве заменителя песка в бетоне. Однако результаты показывают явные различия в тенденциях развития прочности (сжатие, растяжение, изгиб) по сравнению с предыдущими исследованиями. Природный песок был заменен измельченным песком из пустой породы шахты с содержанием 0–30% (по объему). Результаты показали, что бетон, содержащий измельченный песок из шахты, достиг прочности на сжатие на 15% выше, чем бетон, содержащий природный песок [6]. Аналогично, сообщается, что прочность на сжатие снижается по сравнению с бетоном, содержащим природный песок [7]. Поэтому, обеспечение сходства размеров зерен в изучаемых смесях представляет собой интересный подход к анализу развития прочности бетона на сжатие.

Таким образом, основная цель данного исследования заключается в оценке развития прочности на сжатие бетона, содержащего пустую породу угольных шахт в качестве

заменителя речного песка, с применением кривой Фуллера. Кроме того, использование пустой породы угольных шахт может привести к образованию кислоты в различной степени. Поэтому летучая зола и нанокремнезем были использованы для изучения нейтрализации или ингибирования образования кислоты в образцах бетона с применением пустой породы шахты.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы, используемые для приготовления бетона, включают в себя обычный портландцемент, гравий, речной песок, и дробленый песок из пустых шахт, а также летучую золу типа F, нанокремнезем и добавку суперпластификатора. В данном исследовании использовался обычный портландцемент (OPC40), производимый компанией во Вьетнаме. Этот цемент соответствует классификации I по ASTM C1157 [8]. В исследовании также использовалась летучая зола, поставляемая компанией VINA F&C во Вьетнаме. Эта летучая зола классифицируется как тип F, так как общее содержание оксидов $SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3>70\%$, плотность составляет $2,46 \text{ г/см}^3$, и она соответствует стандарту ASTM C618 типа F [9].

Для получения дробленого песка из пустой породы шахт собирали и измельчали пустую породу в провинции Куангнинь, Вьетнам (Рис.1). Дробленый песок из пустой породы шахт не промывался и использовался напрямую в бетоне с целью снижения загрязнения водных ресурсов.



Рис. 1. Процесс сбора, транспортировки и дробления пустой породы угольных шахт

Гравий представляет собой механическую осадочную породу с размерами зерен от 5 до 20 мм и классифицируется в зависимости от размеров частиц после добычи. Для создания эталонных образцов бетона использовали речной песок и нанокремнезем. Дзета-потенциал частиц нанокремнезема в воде составляет $-28,3 \text{ мВ}$. Для улучшения укладки свежего бетона и сокращения воды использовали суперпластификатор Viscorete V3000. Дозировка суперпластификатора составила $0,8-1,5 \text{ л}$ на 100 кг цемента в соответствии с ASTM C494 [10]. Этот вид суперпластификатора обладает высокой водоредуцирующей способностью, не оседает в течение 90 минут, не содержит хлоридов и агрессивных веществ, и имеет плотность $1,04-1,07 \text{ г/см}^3$ и $pH \ 3,8-5,7$.

В данном исследовании размеры агрегатов были разделены на восемь различных категорий при просеивании: $19-9,5$; $9,5-4,75$; $4,75-2,36$; $2,36-1,18$; $1,18-0,6$; $0,6-0,3$; $0,3-0,15$; $0,15-0,075 \text{ мм}$. Затем размеры частиц объединялись в соответствии с кривой распределения Фуллера, чтобы создать смесь с оптимальной плотностью упаковки. Эта классификация групп, опирающаяся на теорию Фуллера, создавалась с применением следующего уравнения:

$$P(i) = 100(i/D)^k \quad (1)$$

Где $P(i)$ - совокупная масса частиц размером i мм, %; D - максимальный диаметр частиц заполнителя, мм; k - показатель кривой Фуллера, при $k=0,3-0,5$ частицы агрегата наиболее плотные.

Кисотно-щелочной учет: Кислотообразующую способность пустой породы угольных шахт оценивали с использованием традиционного метода кислотно-щелочного учета [11]. Целью было определить баланс между минералами, выделяющими кислоту (кислотный потенциал - AP), и минералами, потребляющими кислоту (нейтрализующий потенциал - NP). AP можно рассчитать, используя следующий коэффициент преобразования в соответствии с уравнением (2):

$$AP=31,25\cdot\%S \quad (2)$$

Потенциал нейтрализации (NP) определялся следующим образом: сначала образец подвергали воздействию кислого раствора, затем титровали кислый раствор гидроксидом натрия (той же концентрации, что и кислота) до достижения pH 7,0. Чистый нейтрализующий потенциал (NNP) оценивается по разнице между NP и AP согласно уравнению (3):

$$NNP=NP-AP \quad (3)$$

Прочность на сжатие и изгибе: Испытание на прочность на сжатие проводилось на цилиндрических образцах диаметром 150 мм и высотой 300 мм через 28 дней в соответствии с ASTM C39 [12], используя универсальную испытательную машину. Испытание прочности на изгиб проводилось на бетонных балках размерами 150×150×600 мм в соответствии с ASTM C78 [13] (Рис. 2).



Рис. 2. Испытания образцов бетона на сжатие и растяжение на изгиб

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка кислотности смесей: Пустая порода угольных шахт содержит такие металлические элементы, как свинец (1200 ppm), бор (450 ppm), марганец (354 ppm), хром (250 ppm), никель (76 ppm), мышьяк (50 ppm), ртуть (30 ppm), кадмий (3 ppm) и кобальт (<6 ppm). Суммарное содержание углерода и серы составляет 0,745% и 1,632% соответственно. При определении минерального состава пустой породы угольных шахт методом рентгеновской дифракции результаты показали, что пустой породы угольных шахт в основном состоит из кварца (67%), полевого шпата (4%), фельдшпата (5%), муллита (21%) и кальцита (3%).

Для изучения образования кислоты из пустой породы угольной шахты использовались два метода оценки её кислотообразующей способности: потенциал нейтрализации (NNP) и соотношение NP/AP. В первом методе образцы материала, полученные из пустой породы угольных шахт, рассматривались как кислотообразующие, если значение NNP было меньше -20 кг CaCO₃/тонна, и как не кислотообразующие, если значение NNP превышало +20 кг CaCO₃/тонна. Отходы угольной шахты могли выделять или не выделять кислоту, если значение NNP составляло от -20 кг до +20 кг CaCO₃/тонна [14]. Что касается второго метода, для соотношения NP/AP пустой породы угольной шахты, если это соотношение менее 1 или более 2,5, пустая порода угольной шахты рассматривалась как кислотообразующий материал. Пустая порода угольной шахты также могла выделять или не выделять кислоту, если значение NP/AP пустой породы угольной

шахты находилось в пределах от 1 до 2,5 [15]. Оценка кислотообразующей способности смесей представлена в Таблице 1.

Табл. 1. Кислотообразующая способность исследуемых смесей

Параметр	ОУШ	Смесь					
		Mix1 (0%)	Mix2 (10%)	Mix3 (20%)	Mix4 (30%)	Mix5 (40%)	Mix6 (50%)
S	1,632	0,0439	0,437	0,581	0,676	0,815	0,948
AP	51,0	1,37	13,66	18,12	21,13	25,47	29,63
NP	28,17	397,24	355,76	327,45	246,89	214,23	161,89
NNP	-22,83	395,87	342,10	309,29	225,77	188,76	132,27
NP/AP	0,55	289,56	26,05	18,04	11,69	8,41	5,47
Образование кислоты	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет

Для производства кислоты, пустая порода угольных шахт содержит 1,632% серы. Результаты: AP - 51,0 кг CaCO₃/тонну, NP - 28,18 кг CaCO₃/тонну, NNP - (-22,83 кг CaCO₃/тонну). Отходы угольных шахт, используемые в замене речного песка в количествах 10%, 20%, 30%, 40% и 50%, уже имеют положительное значение NNP, превышающее 20 кг CaCO₃/тонну. Оба показателя NP/AP также превышают 2,5. Таким образом, пустая порода угольных шахт является кислотообразующим материалом, но смеси, исследованные в данном исследовании не производят кислоту. Это означает, что бетон создает щелочную среду и предотвращает образование кислоты из пустой породы угольных шахт. Таким образом, сочетание пустой породы угольных шахт, речного песка, летучей золы, нанокремнезема и гравия, использованное в данном исследовании, можно классифицировать как материал для производства бетона.

Прочность на сжатие: Прочность на сжатие и изменение содержания пустой породы угольных шахт представлены на Рис. 2. Из Рисунка 2 видно, что прочность на сжатие бетона снижается с увеличением содержания пустой породы угольных шахт от 0% до 50%.

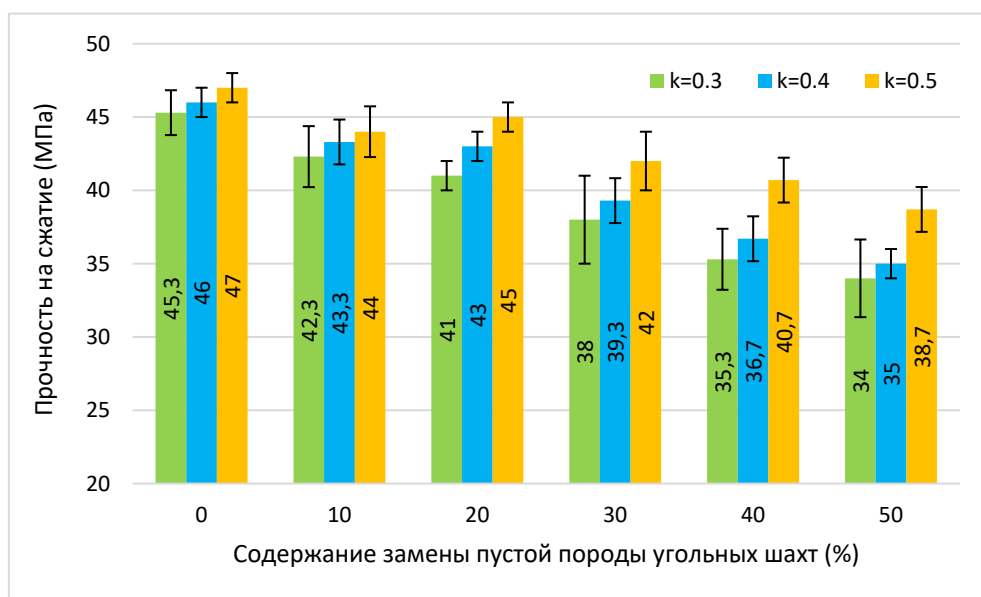


Рис. 2. Прочность бетона на сжатие при различном содержании пустой породы угольных шахт

Прочность на изгиб: Прочность на изгиб и изменение содержания пустой породы угольных шахт представлены на **Рис. 3**. Из **Рисунка 3** видно, что прочность на изгиб бетона снижается с увеличением содержания пустой породы угольных шахт от 0% до 50%. Прочность на изгиб эталонного бетона составила 5,26, 5,48 и 5,55 МПа при $k=0,3$, 0,4 и 0,5 соответственно.

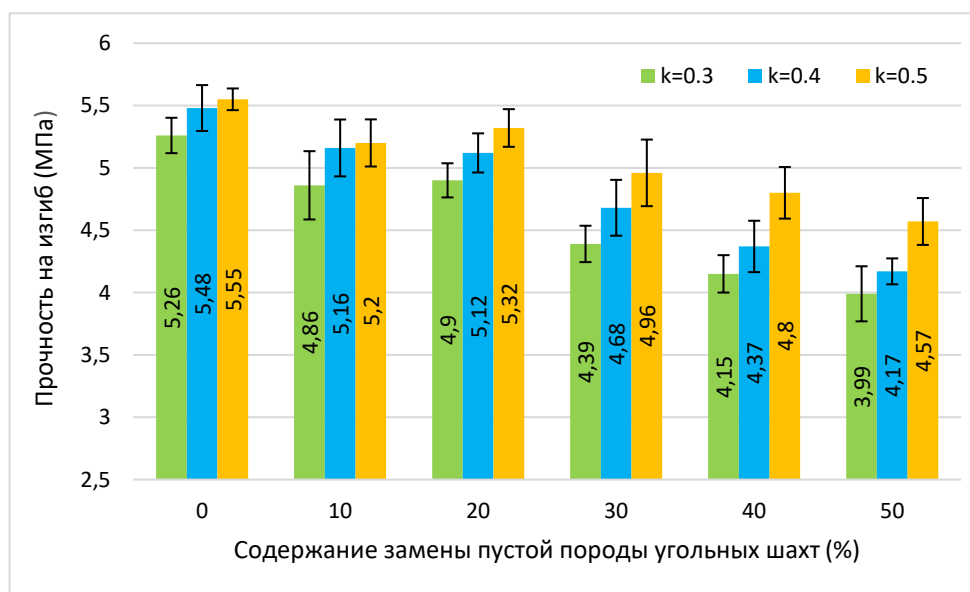


Рис. 3. Прочность бетона на изгиб при различном содержании пустой породы угольных шахт

Кроме того, на **Рис. 3** показано, что при $k=0,3$ замена 50% речного песка пустой породой угольных шахт привела к снижению прочности на изгиб с 5,26 МПа до 3,99 МПа, что указывает на снижение на 24,1%. Аналогично, при $k=0,4$ прочность на изгиб снизилась с 5,48 МПа до 4,17 МПа (т.е. на 23,9%); при $k=0,5$ прочность на изгиб снизилась с 5,55 МПа до 4,57 МПа (т.е. на 17,7%). По сравнению с контрольным образцом предел прочности при изгибе снизился на 17,7-24,1% при 50% замене пустой породы угольных шахт. Таким образом, бетон, содержащий пустую породу угольных шахт, имел меньшую прочность на изгиб, чем контрольный бетон. Снижение прочности на изгиб в образцах бетона, содержащих большое количество пустой породы угольных шахт, может быть связано с недостаточным количеством воды (фиксированное соотношение В/Ц) для гидратации цемента, что приводит к плохому уплотнению и плохой адгезии между цементным материалом и заполнителями, что в свою очередь вызывает недостаточную толщину межфазной переходной зоны [16]. В результате появляются трещины, которые соединяются в конструкции бетонных балок под воздействием изгибающих нагрузок. Кроме того, замена пустой породы угольных шахт с содержанием 50% привела к увеличению размера зерен в диапазоне 0-0,075 мм, в то время как соотношение В/Ц оставалось постоянным, что также может увеличивать пустоты в бетоне, тем самым снижая прочность на изгиб [17].

ВЫВОДЫ

Использование пустой породы угольных шахт в замену постепенно истощающемуся речному песку для производства бетона стало эффективным решением, отвечающим экономическим, техническим и экологическим требованиям. В частности, применение пустой породы угольных шахт в сочетании с летучей золой и нанокремнеземом для замены речного песка позволило получить бетон, отвечающий техническим требованиям к прочности на сжатие в 35 МПа.

Использование летучей золы и нанокремнезема в образцах бетона изначально показало способность нейтрализовать или существенно снизить кислотообразующую активность пустой породы угольных шахт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Caneda-Martínez L. et al. Reuse of coal mining waste to lengthen the service life of cementitious matrices // *Cement and Concrete Composites*. Elsevier, 2019. Vol. 99. P. 72–79.
2. Ключев А.В. et al. Отходы горнодобывающих предприятий как сырье для производства мелкозернистого бетона армированного фибрами // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова*. 2010. № 4. P. 81–84.
3. Фахратов М.А., Кужин М.Ф. Организация переработки отходов бетона и вторичное использование бетонов в строительстве // *Системные технологии*. Учреждение высшего образования «Институт системных технологий», 2018. № 1 (26). P. 100–103.
4. Коваленко В.В., Гаркуша В.С. Исследование физико-механических характеристик торкрет-бетонных составов на основе пустой породы. 2014.
5. Dontala S.P., Reddy T.B., Vadde R. Environmental aspects and impacts its mitigation measures of corporate coal mining // *Procedia Earth and Planetary Science*. Elsevier, 2015. Vol. 11. P. 2–7.
6. Zainal Abidin N.E. et al. The effect of bottom ash on fresh characteristic, compressive strength and water absorption of self-compacting concrete // *Applied Mechanics and Materials*. Trans Tech Publ, 2014. Vol. 660. P. 145–151.
7. Alakangas L., Andersson E., Mueller S. Neutralization/prevention of acid rock drainage using mixtures of alkaline by-products and sulfidic mine wastes // *Environ Sci Pollut Res*. 2013. Vol. 20, № 11. P. 7907–7916.
8. C1157 Standard Performance Specification for Hydraulic Cement [Electronic resource].
9. C618 Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete [Electronic resource].
10. C494 Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete [Electronic resource].
11. Lawrence R.W., Wang Y. Determination of neutralization potential in the prediction of acid rock drainage // *Proc. 4th International Conference on Acid Rock Drainage*, Vancouver, BC. 1997. P. 449–464.
12. C39/C39M Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens [Electronic resource].
13. C78 Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading) [Electronic resource].
14. White Iii W., Lapakko K.A., Cox R.L. Static-test methods most commonly used to predict acid-mine drainage: Practical guidelines for use and interpretation // *Reviews in economic geology*. Society of Economic Geologists Littleton, Colorado, USA, 1999. Vol. 6. P. 325–338.
15. Lemos M. et al. Mineralogical and geochemical characterization of gold mining tailings and their potential to generate acid mine drainage (Minas Gerais, Brazil) // *Minerals*. MDPI, 2020. Vol. 11, № 1. P. 39.
16. Elsharief A., Cohen M.D., Olek J. Influence of aggregate size, water cement ratio and age on the microstructure of the interfacial transition zone // *Cement and concrete research*. Elsevier, 2003. Vol. 33, № 11. P. 1837–1849.
17. Varadharajan S. Determination of mechanical properties and environmental impact due to inclusion of flyash and marble waste powder in concrete // *Structures*. Elsevier, 2020. Vol. 25. P. 613–630.

МИНИМИЗАЦИЯ ВЫСОЛООБРАЗОВАНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ НАРУЖНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПАНЕЛЕЙ

В.В. Зайцев

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
MoscowZ83@yandex.ru*

Аннотация

В статье рассмотрены основные этапы образования солей на поверхности бетона и облицовочных материалов. Исследование природы образования высолов. Постановка эксперимента по минимизации высолов и факторов, влияющих на их количество на поверхности кирпича и керамической плитки. Разработка схем по обработке железобетонных стеновых панелей от высолов.

Ключевые слова: высолы, портландцемент, бетон, первичные и вторичные высолы, кирпич, керамическая плитка, смывки, гидрофобизаторы

ВВЕДЕНИЕ

Тема работы является актуальной и востребованной, как для науки строительного материаловедения, так и для применения результатов исследования на производствах строительной индустрии.

Научной новизной данной работы является более глубокое изучение процессов образования солей и постановка новых экспериментов по достижению результата минимизации их количества. **Практическая значимость:** многие строительные предприятия испытывают проблему с образованиями высолов на поверхности тяжелых бетонов и хотели бы установить точные причины и минимизировать их количество. Необходимость строительных производств в разработке технологических схем по устранению высолов.

Цель данной работы - изучить процессы способствующие высолообразованию на поверхности железобетонных изделий. **Задачи исследования:** установить причину и факторы, способствующие образованию солей. Исследование и проведение экспериментов по минимизации количества высолов при обработке поверхности строительных материалов химическими смывками и гидрофобизаторами.

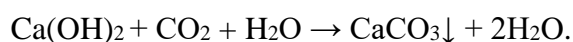
Высолы – это результат диффузии воды и солей из структуры бетона на поверхность строительного материала [1]. Под высолами также понимают образования на поверхности изделий белых налетов (отложений), представляющих собой химические соединения (соли) в виде кристаллов [2].

Образование белой кристаллической массы солей оказывает негативное влияние на эстетический вид строительных конструкций и на нарушение внутренней структуры материала, так как снижается его целостность, ускоряется трещинообразование и понижается прочность строительных изделий. Пример образования солей показан на Рис. 1.



Рис. 1. Высолы на фасаде частного дома. Фото концерна Wienerberger Group

Теоретическая наука нам показывает нам, что содержащийся в структуре строительного материала гидроксид кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ по системе пор проникает на поверхность изделия и там связывается с диоксидом углерода CO_2 , образуя карбонат кальция CaCO_3 . Со временем нерастворимые высолы на основе CaCO_3 под действием карбонизации превращаются в более растворимый бикарбонат $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ [3]. В основном гидроксид кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ содержащийся в портландцементе является источником образования высолов. Химическая реакция карбонизации гидроксида кальция:



По данной химической реакции образуются карбонатно-кальциевые высолы. Если на поверхность строительного изделия попадает вода, то сульфаты SO_4^{2-} присутствующие в ней могут образовывать соли сульфата натрия Na_2SO_4 . Такой тип высолов имеет название сульфатно-натриевые. Карбонатно-натриевые образования получают из щелочей NaOH и KOH присутствующие в портландцементе. Вступая в реакцию карбонизации на поверхности бетона получают высолы следующего химического состава: соли карбоната натрия (Na_2CO_3) и карбоната калия (K_2CO_3).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования является процесс высолообразования на поверхности железобетонных изделий и отделочных материалов. **Предмет исследования** являются солевые образования и их природа, а также факторы, влияющие на их количество.

В работе выполнен промышленный эксперимент по образованию и устранению высолов при производстве наружных стеновых панелей на домостроительном комбинате г. Москва.

Для изготовления железобетонных конструкций применялся портландцемент типа ЦЕМ II/A-Ш 42,5Н, производства "Тульский цементный завод". Расход цемента на куб бетонной смеси составил 420 кг. Строительный песок "Багаевский карьер" среднего класса с модулем крупности 2,4. Крупный заполнитель гранит фракции 5–20 мм карьер "Каменногорский". Также, использовалась добавка пластификатор Glenium 115 на поликарбоксилатной основе в количестве 4,2 кг на куб бетонной смеси.

Качественные характеристики цемента определялись по методикам ГОСТ 30744–2001 Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка и ГОСТ ГОСТ 310.2–76. Методы определения тонкости помола.

Химические составы высолов и кирпича определялись рентгеноспектральным анализатором Bruker S8 Tiger.

Испытания и расчеты параметров выполнялись согласно требованиям ГОСТ 530–2012. Кирпич и камень керамические общие технические условия.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрим фактический пример образования высолов при производстве железобетонных наружных стеновых панелей. Изготовление фасадных панелей происходит путем горизонтального формования и укладки высокоподвижной бетонной смеси на внутреннюю поверхность керамической плитки и кирпича. Укладка керамической плитки на полиуретановую матрицу Рис.2



Рис. 2. Укладка керамической плитки на полиуретановую матрицу

Табл. 1. Минералогический состав цементного клинкера взят из документа о качестве на портландцемент, %

Минералогический состав цементного клинкера, %	
C ₃ S	68
C ₂ S	13
C ₃ A	7
C ₄ AF	12

Табл. 2. Результаты физико-механических испытаний цемента ЦЕМ II/A-III 42,5 Н

Удельная поверхность, см ² /г	Нормальная густота, %	Начало сроков схватывания, мин	Конец сроков схватывания, мин	Ложное схватывание цемента, мин	Предел прочности при сжатии в возрасте, МПа	
					2 сутки	28 сутки
4150	30,4	210	250	нет	25,8	56,2

Фактическая прочность на 28 сутки твердения бетона соответствовала классу бетона В40. Тепловая обработка составляла 45 градусов и время выдержки изделия в тепловой камере 12 часов.



Рис. 3. Наружная железобетонная стеновая панель с керамической плиткой

Спустя несколько дней, на поверхности керамической плитки железобетонной плиты были обнаружены образования белых кристаллов (высолов) Рис. 4.

Образование белых кристаллов может происходить сразу после снятия опалубки или формы с железобетонного изделия. Такие высолы называются **первичными** и они формируются в самом начале процесса формирования структуры цементного камня из гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и взаимодействию с углекислым газом на поверхности из воздуха. К **вторичным** высолом относятся образования после формирования основной структуры бетонного камня на более поздних сутках твердения. Например, грунтовые воды содержащие в себе карбонаты оказывают влияние на бетонные конструкции. Взаимодействуя со щелочами, содержащимися в цементе, образуются соли карбоната натрия (Na_2CO_3) на поверхности изделий. Так как карбонаты калия и натрия – хорошо растворимые соли, они легко выходят на поверхность изделия. При высыхании на поверхности и во внутрипоровом пространстве вблизи поверхности образуются кристаллогидраты солей натрия и калия. Дальнейшее увлажнение приведет к их растворению. Определенное количество солей смывается атмосферной влагой, а часть, в результате диффузии, снова попадает в объем изделия.



Рис. 4. Кристаллы солей на поверхности керамической плитки.

Белые кристаллы на поверхности имели игольчатую структуру. Был выполнен соскоб образований и передан на испытания в химическую лабораторию. Химический состав высола Таблица.3.

Табл. 3. Химический состав высола, %

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO
17,11	4,00	1,37	8,98	0,68	22,27	21,81	1,52	0,10	0,11

По результатам химического анализа кристаллов, было установлено, что высолы в основном состоят из сульфитов (22,27%), оксида калия (21,81%) и оксида кальция (CaO). Потери при прокаливании составили 16,71%. Таким образом, по химической основе данные высолы можно классифицировать как сульфатно-натриевые и карбонатно-калиевые.

Можно сделать вывод, что высолы могут образовываться, как из самого облицовочного материала Рис. 5, так и из структуры тяжелого бетона переходя в структуру пористого облицовочного материала.



Рис. 5. Образование высолов на поверхности кирпича без цементной системы.

Для определения параметров водопоглощения и скорости начальной абсорбции воды, были выбраны 10 видов облицовочного кирпича на которых могут образовываться солевые отложения.

Табл. 4. Результаты испытаний кирпича по водопоглощению и скорости абсорбции воды.

№	Производитель кирпича	Водопоглощение, %	Скорость начальной абсорбции воды, кг/м ² *мин.
1	Wienerberger, КААКАО	5,7	0,47
2	Wienerberger, Графит	3,4	0,63
3	Tiileri, LAAVA	9,3	1,6
4	Tiileri, Arizona	7,3	1,1
5	Tiileri, Torino	10,5	1,5
6	Tiileri, Pusta	6,9	1,3
7	Tiileri, Terra	10,3	1,4
8	ABC Керамика	3,8	0,17
9	ОАО “Кирово-Чепецкий кирпичный завод”	10	3
10	Recke, Старый Оскол	8	0,42

Испытания кирпича показали, что наибольший коэффициент водопоглощения Рис. 6 и скорость начальной абсорбции воды у кирпича производства компании Tiileri и ОАО “Кирово-Чепецкий КЗ”. Структура данного кирпича менее плотная и впитывает влагу быстрее.



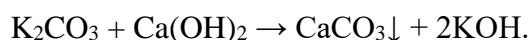
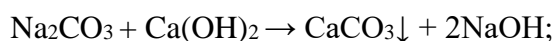
Рис. 6. Разломанный образец кирпича после определения водопоглощения

После измельчения семи видов кирпича, было выполнено определение их химического состава Таблица 5.

Табл.5. Химический состав проб боя кирпича

Пробы боя кирпича	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO
Wienerberger	73,36	13,45	4,85	0,69	1,79	0,03	4,66	0,33	0,64	0,02
ЛСР	77,65	17,02	1,61	1,15	0,44	0,00	1,67	0,38	1,23	0,00
Светлый Tiileri	68,00	23,44	2,13	1,04	0,62	0,00	2,26	0,94	1,38	0,01
Темный Tiileri	56,17	19,36	13,96	2,88	1,18	0,12	2,21	0,95	0,75	1,65
Кирово-Чепецкий КЗ	85,59	17,03	6,82	2,00	3,10	0,00	2,17	1,50	0,79	0,09
АВС Керамика	72,73	21,86	5,37	0,42	1,10	0,02	4,18	0,34	1,04	0,06
Реске, Старый Оскол	87,19	15,78	1,12	1,51	0,38	0,01	1,27	0,25	1,10	0,01

По результатам химического анализа образцов кирпича, установлено присутствие оксида калия и оксида натрия из которых могут образовываться высолы. Это говорит о том, что во внутрипоровом пространстве растворимые Na₂CO₃, K₂CO₃ вступают в реакцию с некарбонизированным Ca(OH)₂ из портландцемента [4]:



Далее процесс образования карбоната кальция будет повторяться циклично [5], образуя белые хлопья на поверхности.

Для удаления высолов с поверхности изделий применяют очистку жесткими щетками. Или химическим способом, обработкой слабыми растворами и смесью кислот (смывки). Данные смывки не изменяют структуру поверхности бетона и хорошо удаляют соли карбонатного, известкового и сульфатного происхождения.

Защитить поверхность бетонных изделий после очистки помогут гидрофобизаторы. Силаны и силоксаны, используемые в основе гидрофобизаторов способны закрыть поры структуры бетона и защитить бетонные изделия от миграции водных растворов солей на поверхность [6].



Рис. 7. Обработка правой части панелей смывками и гидрофобизаторами.

В течение месяца после обработки поверхности панелей проводился контроль за образованием высолов Рис.7. Установлено, что часть железобетонных конструкций, которая была обработана смывками на основе кислот и гидрофобизаторами, на них образование вторичных высолов отсутствовало, что подтвердило действие современной строительной химии Litolast и Docker по борьбе с солями.

Установлен и отработан регламент обработки поверхности конструкций на производстве железобетонных конструкций Схема 1.

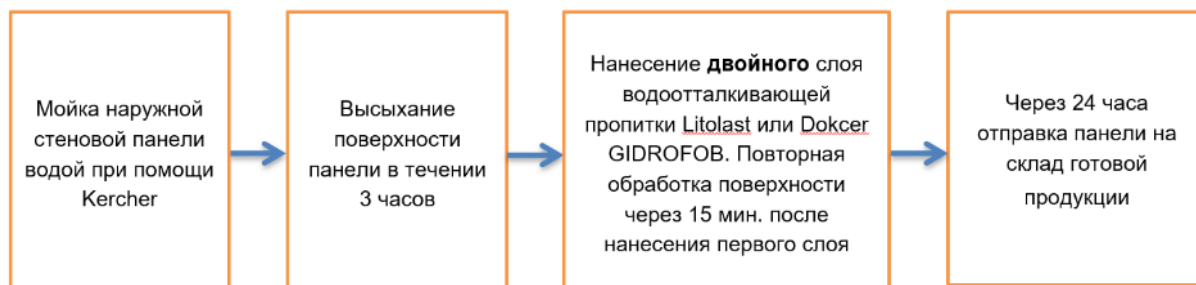


Схема 1. Блок-схема нанесения смывок и гидрофобизаторов на ЖБИ

При повторном возникновении высолов на строительном объекте Схема 2.

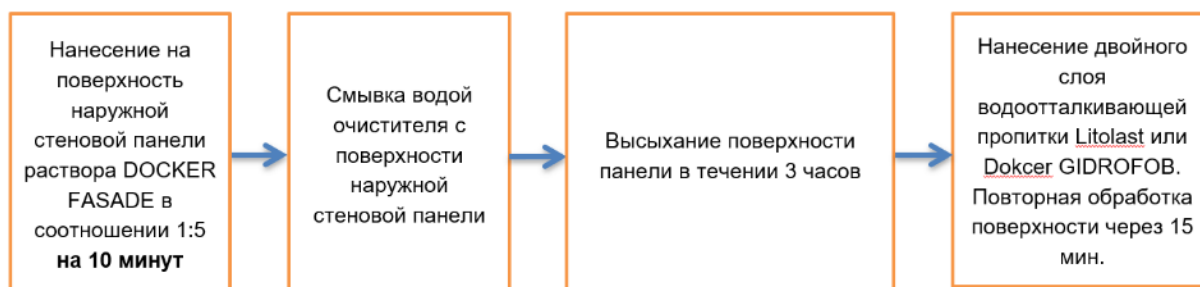


Схема 2. Обработка поверхности при повторном образовании высолов.

ВЫВОДЫ

В проведенной работе было установлено, что высолы могут образовываться, как из самого облицовочного материала, так и из структуры тяжелого бетона переходя в структуру пористого облицовочного материала. Выполнив химический анализ кристаллов соли, было установлено, что высолы имеют карбонатно-калиевую природу.

Данная работа помогла установить фактические причины высолообразования на наружно стеновых панелях, производимых на домостроительном комбинате в г. Москва. Проведенные эксперименты позволили утвердить технологические схемы и регламент по обработке железобетонных изделий с кирпичом и минимизировать количество высолов на поверхности строительных конструкций.

Влияние на снижение высолов может оказать: изменение минералогического состава цемента (снижение количества минерала алита C_3S) и применение активных минеральных добавок (доменные шлаки, микрокремнезем и зола-уноса ТЭС) для связи свободного гидроксида кальция.

Количество высолов будет зависеть от массы портландцемента, используемой в кубе бетона. Чем меньше масса портландцемента, тем меньше будет вероятность образования белых кристаллов на поверхности. Также, необходимо использовать пластифицирующие добавки, максимально снижающие водоцементное-отношение, для получения заданных прочностных параметров бетон. Самыми эффективными пластификаторами для бетонных смесей, являются добавки на основе поликарбоксилатных эфиров [7-9].

Проведя ряд испытаний, можно сделать вывод, что структура самого бетона будет определять массовость миграции портландита $Ca(OH)_2$ по капиллярным порам на

поверхность бетонного изделия. Поэтому структура бетонного камня должна быть наиболее плотной, для снижения количества поровой жидкости. Обязательно использование вибрации для уплотнения низкоподвижных бетонных смесей и создание плотной упаковки структуры бетона. Таким образом, чем меньше будет $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в цементе камне, тем меньше высолов будет образовываться на поверхности ЖБИ.

Установлено, что интенсификаторами образования высолов является среда, в которой происходит твердение бетонных изделий. Многие производители бетонных конструкций и строители отмечают, что основная масса высолов образуется во время изменения влажности и температуры окружающей среды. Поэтому важно по возможности соблюдать стабильные показатели температуры и влажности твердения бетонных изделий без резких перепадов. Не допускается увлажнения поверхности открытым способом. В тех местах, где будет происходить скопление и последующее испарение влаги, наибольшим образом будут образовываться высолы [10].

Столкнувшись с образованием высолов, следует применять современные системы смывок и обрабатывать поверхность гидрофобизаторами Litolast, Docker FASADE и GIDROFOB.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сулейманова Л. А., Малюкова М. В. Высолы (выцветы) на поверхности бетонных изделий // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012, №3
2. Костиков Ю. Б., Маслова Е. Е., Староверов В.Д. Высолы на поверхности бетонных вибропрессованных изделий // АПВИ, 2018
3. Тейлор Х. Химия цемента // Х. Тейлор. – М.: Мир, 1996. – 560 с
4. Бобков В.В., Гафуров Э. А., Резвов О.А., Мохов А. В. Проблемы высолообразования наружных стен зданий на основе вибропрессованных бетонных блоков и способы защиты стен от высолов // Инженерно-строительный журнал, 2012, №7
5. Бабков В. В., Мохов А. В., Габитов А. И., Чуйкин А. Е. Цикличность высолообразования на поверхности наружных стен зданий из штучных материалов // Строительные материалы. 2010. № 1. С. 56–57.
6. Andres Ana, Diaz Ma Carmen, Alberto Coz, Abellan Ma Jose, Viguri Javier R. Physico-chemical characterization of bricks all through the manufacture process in relation to efflorescence salts // J Eur Ceram Soc 2009
7. Chen Y, Qian C. A new method for anti-efflorescence of mortar by bio-mineralization // Construct Build Mater 2021;290:123261.
8. Brocken H, Nijland TG. White efflorescence on brick masonry and concrete masonry blocks, with special emphasis on sulfate efflorescence on concrete blocks // Construct Build Mater 2004;18(5).
- 9.
10. Dow C, Glasser C. Calcium carbonate efflorescence on Portland cement and building materials // Cement and concrete research – 2003.
11. Сулейманова, Л.А. Высокоплотные составы вибропрессованных бетонов [Текст] // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2011. – № 3. – С. 48–50.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИГНИНА В КАЧЕСТВЕ СВЯЗУЮЩЕГО ДЛЯ КОМПОЗИТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

М.В. Кондрашов¹, И.В. Степина²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹whitesus99@gmail.com

²sudeykina@mail.ru

Аннотация

В составе клеточных стенок растений лигнин выполняет функцию матрицы, в которую погружен структурный каркас из целлюлозы. Так он удерживает целлюлозные волокна, тем самым обеспечивая прочность. Лигнин широко используют для производства биоматериалов из-за его распространенности, нетоксичной природы и способности к биологическому разложению. Таким образом, лигнин, содержащийся в растительных материалах, как натуральный клей, приобретает большую популярность и открывает новые перспективы из-за своей фенольной природы, что делает его привлекательной заменой традиционным клеям. Связующие на основе лигнина получают путем замещения фенолов в фенолформальдегидных смолах лигнином из-за их сходной структурной основы. Многие исследователи подтвердили многофункциональность применения лигнина, такого как клей для древесины в волокнистых плитах, фанере и ДСП, связующее в печатных монтажных платах, абразивные инструменты, эпоксидные асфальты, эпоксидные древесные композиты, 3D-печать, адгезивные гидрогели, средства для подавления загрязнения, лигноцеллюлозная бумага и покрытия. В данной работе рассматриваются различные методы, с помощью которых лигнин может быть использован для замены синтетических связующих. Статья направлена на популяризацию внедрения лигнина в качестве связующего для композитных строительных материалов как более экономичной и экологичной альтернативы.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы все больше и больше внимания уделяется разработке новых и экологически безопасных материалов для строительной отрасли. Одним из таких материалов является лигнин – природное органическое соединение, получаемое в процессе деревопереработки. Лигнин обладает рядом уникальных химических и физических свойств, которые делают его привлекательным для использования в качестве связующего компонента для композитных строительных материалов. Одним из основных преимуществ лигнина является его низкая стоимость, так как он получается из отходов деревопереработки. Это делает его более доступным по сравнению с другими связующими веществами.

Кроме того, лигнин обладает высокой адгезией к различным материалам, таким как древесина, стекловолокно, полимеры и другие компоненты, используемые в композитных материалах. Это позволяет ему эффективно связывать отдельные компоненты вместе, обеспечивая прочность и стабильность конечного материала. Также лигнин обладает хорошими механическими свойствами, такими как высокая прочность и устойчивость к воздействию влаги.

Важным аспектом использования лигнина в композитных строительных материалах является его экологическая безопасность. Лигнин является биоразлагаемым и не токсичным веществом, что делает его безопасным для окружающей среды и здоровья людей. Это особенно актуально в свете растущей экологической осознанности и требования к устойчивому развитию.

Однако, несмотря на все перечисленные преимущества, использование лигнина в качестве связующего для композитных строительных материалов имеет и некоторые

ограничения. Одной из основных проблем является его низкая термостабильность. В высокотемпературных условиях лигнин может разлагаться, что снижает его связующие свойства. Это ограничивает применение лигнина в технологиях, требующих высоких температур обработки материалов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данной статье представлен обзор литературы по использованию лигнина в строительных материалах, и не только. Рассмотрены различные исследования, проведенные в этой области, и их результаты. Также описаны выбранные методы исследования, которые использовались для изучения свойств и характеристик лигнина в качестве связующего материала для композитных строительных материалов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В большинстве всех растений наибольшую часть составляют три компонента – это целлюлоза, гемицеллюлозы и лигнин. Находящийся в стенках клеток растений лигнин обеспечивает их герметичность, а лигнин, находящийся в межклеточном пространстве, скрепляет волокна целлюлозы.

Считается [1], что механическая прочность стволов и стеблей наземных растений в основном зависит от содержания и химической структуры лигнина в их составе. Древесину можно охарактеризовать как природный полимерный композит, где лигнин выполняет роль полимерной матрицы, а целлюлоза — армирующего волокнистого наполнителя. Целлюлоза придает такому композиту высокую прочность при изгибе, ударную вязкость и прочность при растяжении, тогда как лигнин придает ему твердость и модуль упругости (жесткость).

Лигнин представляет собой многообещающую альтернативу существующим синтетическим клеям. Лигнин обладает адгезионными свойствами и играет роль связующего, удерживая целлюлозные волокна вместе. В качестве связующего лигнин находит свое потенциальное применение в производстве различных изделий, включая фанеру, древесноволокнистые плиты, древесностружечные плиты, древесно-эпоксидные композиты, асфальты на эпоксидной основе, гидрогели, печатные платы (РWB) и литиевые батареи. В лигнине присутствуют две гидроксильные группы - фенольная гидроксильная группа и алифатическая гидроксильная группа. Фенольная гидроксильная группа относится к числу реакционноспособных функциональных групп, которые могут быть легко изменены. В результате фенолирование – это одна из реакций, которой может подвергаться лигнин, конденсируя фенол с ароматическими кольцами. Эта реакция включает в лигнин больше фенольных гидроксильных групп, увеличивая его потенциал в качестве фенольных связующих на основе лигнина.

Исследователи [1] рассматривают лигнин по нескольким группам и отраслям, в которых его возможно применять. Так, например, гидролизный лигнин находит применение в производстве некоторых видов топлива, активированных углей, различных типов сорбентов, порообразователей; нитролигнина; удобрений; структурообразователей почв и гербицидов [2].

При производстве целлюлозы сульфитным методом в качестве со-продуктов образуются растворы лигносульфонатов. Благодаря их высокой поверхностной активности они широко применяются в промышленности как стабилизаторы и диспергаторы, связующие, в качестве противопригарных добавок, пластификаторов и эмульгаторов, а также для укрепления грунтов и обеспыливания дорожных покрытий.

Но наиболее предпочтительным выглядит сульфатный лигнин, образующийся при производстве целлюлозы сульфатным методом. Лигнин коричневого цвета, обладающий развитой удельной поверхностью. Он растворим в щелочах и ряде органических растворителей [3] и имеет наиболее постоянный компонентный состав. В свою очередь, данный вид технического лигнина наименее токсичен и менее подвержен возгоранию. Он используется в форме влажной пасты. В промышленности сульфатный лигнин находит

применение в качестве замены фенола при производстве фенолоформальдегидных смол, компонента связующих материалов для полимерных композитов, модификатора для продуктов резинотехнической промышленности, стабилизатора химических пен, пластификатора для бетона, керамики и огнеупоров, а также сырья для производства активированного угля.

В обширном исследовании [4] авторы считают, что клеи на основе лигнина в настоящее время считаются потенциальным заменителем синтетических клеев из-за широкой доступности лигнина и его низкой стоимости. Фенолформальдегидные (ФФ) смолы используются в качестве обычных связующих благодаря их превосходной механической прочности, термостойкости и влагостойкости. Фенольные смолы, как правило, недороги, обладают хорошей термостойкостью и не воспламеняются. Их наиболее существенным недостатком является низкая ударная вязкость, ограничивающая их применение. Многие исследователи проводили эксперименты по замене фенола биоразлагаемыми материалами из-за беспокойства по поводу воздействия фенола на работников в процессе производства. Из-за своей фенольной структуры и способности действовать как натуральный клей связующие на основе лигнина обычно получают реакцией лигнина с фенольной смолой для получения модифицированной смолы на основе лигнина. Лигнин находит свое применение в качестве клея в различных строительных областях, производстве биокомпозитов, а также в химической и электрохимической промышленности, автомобильной промышленности, в борьбе с эрозией почв и даже в медицине [4].

Лигнин, как природный клей из биомассы, является фенольным, что делает его отличной заменой клеям для древесины. Лигнин имеет меньше реакционноспособных групп в ароматическом кольце, чем фенолы, а стерические влияния, вызванные макромолекулярной конфигурацией, еще больше замедляют его реакцию. Клей на основе лигнина позволяет получать дешевые композиционные материалы со значительной прочностью во влажном состоянии. Лигнин используется в производстве панельных плит при добавлении в связующие системы на основе формальдегида. Это могут быть фанера, ДВП, ДСП и проч. Клеи для древесины на основе лигнина используются в производстве древесностружечных плит, а также древесноволокнистых плит. Эти связующие могут демонстрировать повышенную прочность внутреннего сцепления, которая соответствует требованиям международных стандартов. Производство древесноволокнистых плит является одним из наиболее распространенных видов применения связующих на основе лигнина, где древесная щепка преобразуется в волокна, покрытые лигнином, путем термомеханического варки древесноволокнистых плит. Сшивание лигнина ферментами помогает повысить способность древесных волокон к самосвязыванию в древесноволокнистых плитах. Древесноволокнистые плиты, изготовленные с использованием связующих на основе лигнина, демонстрируют повышенную механическую прочность, а также водонепроницаемость [4, 5].

Лигносульфаты являются основными источниками лигнина, из которых получают связующие на основе лигнина. Он производится как побочный продукт сульфитных отработанных щелоков на основе натрия, кальция или аммония. Этот лигнин и может использоваться для производства клеев для древесины.

Основным источником, из которого извлекаются компоненты синтетических смол, является нефть, являющаяся дорогим и невозобновляемым ресурсом. Другим недостатком является то, что отвержденные связующие в составе панельных изделий снижают возможность утилизации плит и обрезков. Кроме того, выделение формальдегида из этих синтетических смол вызвало потребность в более экологически чистых связующих.

Также лигнин может подходить в качестве клея для изоляции из стекловаты. В современной архитектуре используют изоляционные плиты, которые производятся в различных формах. Горячее стекло используется в твердом виде в виде соли аммония,

получаемой в процессе крафт-производства бумаги. Это приводит к связыванию волокон стекла во время формирования волокнистых прокладок [4].

В дорожном строительстве лигнин возможно использовать как альтернативу традиционному связующему в асфальте – битуму. Лигнин расширяет спектр действия асфальтобетонных вяжущих. В случае эпоксидного бетона или эпоксидно-цементного раствора эпоксидное вещество также может обеспечивать более высокую прочность на разрыв, отличную водостойкость, приемлемую химическую стабильность и долговечность бетона. Различные исследования и потенциальная реализация продемонстрировали, что эпоксидная смола может обеспечивать высокую механическую прочность асфальтобетонного вяжущего. Лигнин улучшает антивозрастные свойства асфальтобетона на эпоксидной основе. Введение лигнина в асфальтобетонные вяжущие улучшило эластичные свойства асфальта и сопротивление деформации. Эпоксидная смола на основе лигнина улучшает стойкость асфальта к образованию колеей. Кроме того, процентное содержание растворенного биологически обработанного лигнина улучшило как высокотемпературную, так и низкотемпературную производительность асфальтобетонного вяжущего, позволяя лигнину функционировать как побочный эффект с отличными свойствами [4, 6].

В обзорах [7-9] рассмотрены возможные направления и методы использования промышленных лигнинов как отходов целлюлозных производств. Одним из перспективных направлений переработки лигно-отходов является получение биопластика на основе лигнина. Смешивая лигнин с натуральными материалами, такими как волокна древесины и другие компоненты, можно получить материал, который легко обрабатывается и может быть литым в формы, подобные пластмассе. Этот материал не уступает органическим полимерам в физических свойствах и полностью биоразлагаем.

Биопластик на основе лигнина проявляет высокую устойчивость к различным механическим воздействиям, способен выдерживать большие нагрузки, не повреждается от сильных ударов и не меняет своей формы. Его предел прочности составляет 15–20 Н/мм²; модуль упругости при растяжении и при изгибе 1000–5000 Н/мм²; ударная вязкость 2-5 кДж/м²; твердость (испытание шариком) 20-70 Н/мм². Тепловые характеристики следующие: коэффициент температурного расширения 1×10^{-5} – 5×10^{-5} м/м·°С; теплостойкость по Вика и по Мартенсу 80–95°С и 54°С соответственно; теплопроводность 0,384 Вт/м·К. Электрические свойства: электропроводность по поверхности и в массе 5 Ом/м и 3 Ом/м соответственно. Этот биопластик также устойчив к биологическому воздействию. Биопластик на основе лигнина проявляет высокую устойчивость к различным механическим воздействиям, способен выдерживать большие нагрузки, не повреждается от сильных ударов и не меняет своей формы. Главным достоинством и преимуществом биопластика является возможность подвергаться многократной переработке [7-9].

ВЫВОДЫ

Таким образом, использование лигнина в качестве связующего для композитных строительных материалов имеет широкий потенциал и может быть полезным в создании экологически безопасных и устойчивых материалов.

Использование лигнина, одного из наиболее распространенных природных полимеров, в качестве связующего, несомненно, является положительной тенденцией к снижению нашей зависимости от дорогостоящих и сокращающихся источников, т.к. большинство аналогичных материалов получают из нефти, которая постепенно дорожает. Можно сказать, что лигнин оказался перспективным сырьем для производства клеев, как в качестве инертного наполнителя, так и в качестве реакционноспособного компонента. Многие исследования свидетельствуют о преимуществах и успешном использовании лигнина в качестве адгезива при разработке волокнистых плит, фанеры и ДСП, эпоксидных асфальтов, эпоксидных древесных композитов, 3D-печати, адгезивных гидрогелей, грунтоудалителей, лигноцеллюлозной бумаги и в качестве

покрытий. Рассмотренные исследования и выводы обнадеживают в поиске новых недорогих, экологически чистых альтернатив традиционным композитам.

В заключение лигнин – это перспективный связующий компонент для композитных строительных материалов. Его уникальные свойства, низкая стоимость и экологическая безопасность делают его привлекательным вариантом для замены традиционных связующих веществ. Однако, для полного осуществления потенциала лигнина необходимы дальнейшие исследования и разработки, направленные на оптимизацию его свойств и расширение его применения в строительной отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Усова К.А., Захаров П.С., Шкуро А.Е.* Перспективные направления применения лигнина в производстве полимерных и композиционных материалов // МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ. 2023. №8 (455). С. 11–16.
2. *Чудаков, М.И.* Промышленное использование лигнина. – М.: Лесная промышленность, 1972. – 216 с.
3. *Симикова, А.А., Чельшева И.Н., Плотников Н.П.* Применение лигнина в производстве древесно-полимерных композитов // Вестник КрасГАУ. 2013. № 1 (76). С. 162–169.
4. *Medha M., Hashmi S., Madeeha A.* Novel lignin as natural-biodegradable binder for various sectors—A review // Journal of Applied Polymer Science. 2021. №15.
5. *Арбузов В.В.* Композиционные материалы из лигнинных веществ. – М.: Экология, 1991. – 208 с.
6. *Gao J., Wang H., Liu C.* High-temperature rheological behavior and fatigue performance of lignin modified asphalt binder // Construction and Building Materials. 2020. № 230.
7. *Тунцев Д.В., Ковернинский И.Н., Филиппова Ф.М.* Биопластики на основе лигнина // ВЕСТНИК КАЗАНСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. 2014. №15. С. 192–194.
8. *Тунцев Д.В., Хайруллина М.Р., Романчева И.С.* Использование лигнина при получении современных материалов // ПРОБЛЕМЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТХОДОВ БЫТА, ПРОМЫШЛЕННОГО И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА. 2015. С. 285–287.
9. *Huang J., Fu S., Gan L.* Lignin Chemistry and Applications. – Амстердам.: Chemical Industry Press, 2019. – 256 с.

ВЛИЯНИЕ ТОНКОДИСПЕРСНОГО ЦЕОЛИТА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

И.В. Козлова¹, М.В. Синотова²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹iv.kozlova@mail.ru

²Masha0155@mail.ru

Аннотация

В статье представлено практическое исследование применения тонкодисперсных цеолитов в цементной системе. Рассмотрены особенности строения и перспективы использования тонкодисперсных цеолитов строительных материалах. В работе представлены 2 способа введения добавки в цементную систему: посредством сухого смешивания с последующим затворением водой и введение вместо воды затворения цеолитовой суспензии. Количество добавки варьировалось в пределах 1-5% от содержания цемента. Также рассмотрены варианты применения в качестве стабилизатора тонкодисперсной добавки поликарбоксилатного пластификатора. Полученные результаты показали, что без пластификатора введение тонкодисперсного цеолита положительно влияет на начальную прочность образцов, особенно при введении в виде суспензии. Применение комплексной добавки увеличивает как начальную так и марочную прочность, особенно если была использована стабилизированная пластификатором цеолитовая суспензия. В начальные сроки твердения прочность увеличилась в 2,5 раза, в марочном возрасте – на 36%, что позволяет проводить дальнейшие исследования сданной добавкой и использоваться полученные результаты для решения ряда материаловедческих задач.

ВВЕДЕНИЕ

В строительной отрасли перспективным направлением является получение высокопрочных, долговечных и экономичных строительных материалов. Одним из самых перспективных решений является применение тонкодисперсных добавок природного и техногенного происхождения [1-5]. В качестве минеральных добавок чаще всего применяются кремне- и алюмоокислородные соединения, способные к гидратационному твердению. Одним из таких соединений являются цеолиты, которые представляют собой алюмосиликаты со скелетной структурой, имеющей полости и каналы нанометрических размеров [6]. Тонкодисперсные цеолиты широко используются в строительной области благодаря своим уникальным свойствам, таким как высокий ионный обмен, адсорбционные и каталитические способности. [7-11].

При подборе содержания минеральных добавок с оптимальной дисперсностью в составе цементной системы возможна корректировка водоцементное отношение, что позволяет снизить расход цемента и в тоже время повысить прочность конечного продукта [7].

Анализируя вышеперечисленные данные, целью работы является применение тонкодисперсного цеолита в качестве тонкомолотой активной минеральной добавки и изучение его влияния на физико–механические свойства цементной системы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе проведения исследований в качестве тонкомолотой минеральной добавки использовали цеолит Холинского месторождения, портландцемент Евроцемент ЦЕМ I 42.5Н, а также пластификатор Sika ViscoCrete-226 P в сухом виде. В табл. 1 и 2 представлены химический и минералогический состав цемента. В табл. 3 представлен химический состав Холинского цеолита. Химическая формула цеолита: $\text{Na}_6(\text{Al}_2)_6(\text{SiO}_2)_{30} \times 24\text{H}_2\text{O}$.

Табл. 1. Химический состав Цемент Евроцемент ЦЕМ I 42.5Н

Компоненты	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	R ₂ O(Na ₂ O)
Клинкер	66,1	21,2	5,1	4,2	0,77	0,55	0,57

Табл. 2. Минералогический состав Цемент Евроцемент ЦЕМ I 42.5Н

Содержание минералов, %			
C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
68,4	8,3	6,5	12,6

Табл. 3. Химический состав Холинского цеолита

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	SO ₃	п.п.п
67,7	0,09	11,97	0,78	0,26	1,37	0,42	2,53	3,63	0,17	0,04	11,39

На Рис.1 представлены фрагмент структурной формулы цеолита и схематичное изображение его кристаллической структуры. Показанные химический состав и кристаллическая структура позволяют судить о высоком содержании в цеолите, таких элементов как кислород, алюминий и кремний. Повышенное содержание калия и натрия говорит о наличии щелочного состава катионного обменного комплекса, которые обуславливают сорбционные ионообменные свойства цеолита.

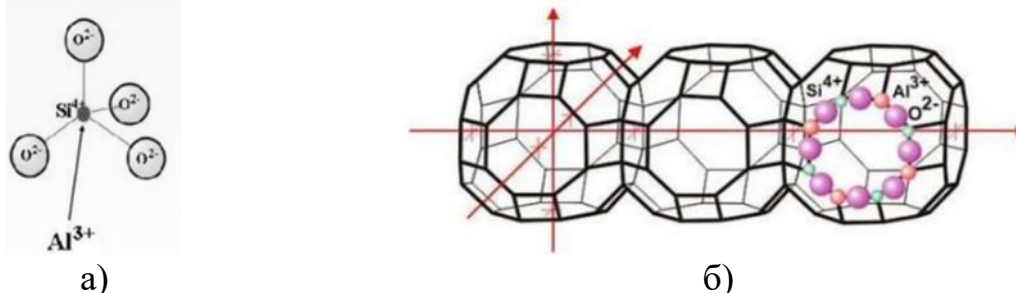


Рис. 1 Фрагмент структурной формулы цеолита (а) и схематичное изображение его кристаллической структуры (б)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цеолит вводился в цемент двумя способами: сухое смешивание и добавление суспензии. Для приготовления суспензий использовалось механический способ гомогенизации. Тонкодисперсный цеолит был взят в количестве 1, 3, 5% от массы цемента. В то же время в отдельные образцы для стабилизации частиц в суспензии вводился суперпластификатор в количестве 0,3%. Испытания цементных кубиков 2х2х2 см проводилось на гидравлическом прессе МС-100. В табл. 4 представлены результаты испытаний на сжатие образцов при сухом смешивании цемента и добавок.

Табл. 4. Результаты испытаний на сжатие образцов при сухом смешивании

Состав	В/Ц	Прочность на сжатие, МПа		
		2 суток	7 суток	28 суток
Контроль	0,28	27,71	55,67	80,57
1% цеолит	0,29	33,11	58,92	89,61
3% цеолит	0,29	37,01	55,12	69,75
5% цеолит	0,29	24,07	50,13	66,47
1% цеолит + 0,3% Sika	0,2	44,92	68,45	92,24
3% цеолит + 0,3% Sika	0,22	54,32	67,65	93,10
5% цеолит + 0,3% Sika	0,23	74,39	82,55	84,21

Анализ полученных результатов показал, что при сухом смешивании материала с тонкодисперсным цеолитом в количестве 1-3% в начальные сроки прочность увеличилась на 27%, в марочном возрасте превышение прочности наблюдалось у образца, содержащего 1% цеолита, которое составило 11%. При сухом смешивании комплексной добавки (цеолит+пластификатор) отмечено увеличение прочности у всех модифицированных образцов. Максимальный прирост (2,7 раза) в начальные сроки твердения составил у образца с комплексной добавкой, содержащей 5% цеолита. В марочном возрасте наибольший эффект (15%) отмечен при введении 1-3% цеолита в комплексе с пластификатором, хотя в начальные сроки прочность увеличилась значительно меньше (на 80%) по сравнению с комплексной добавкой, содержащей 5% цеолита.

В табл. 5 представлены результаты испытаний на сжатие образцов при вводе в цемент цеолитовой суспензии в комплексе с пластификатором и без него.

Проведенные исследования показали, что в начальные сроки прочность образцов, содержащих суспензию цеолита в количестве 1-5%, возросла на 47% по сравнению с контрольным образцом. В марочном возрасте отмечен прирост только у образца с добавкой цеолита 1%, который составил 11%.

Табл. 5. Результаты испытаний на сжатие образцов при вводе в цемент цеолитовой суспензии

Состав	В/Ц	Прочность на сжатие, МПа		
		2 суток	7 суток	28 суток
Контроль	0,28	27,71	55,67	80,57
1% цеолит	0,29	45,20	69,58	89,08
3% цеолит	0,29	40,26	66,95	73,40
5% цеолит	0,31	55,92	60,48	72,68
1% цеолит + 0,3% Sika	0,2	52,43	86,32	111,43
3% цеолит + 0,3% Sika	0,22	61,39	95,39	107,46
5% цеолит + 0,3% Sika	0,23	69,57	90,98	92,11

При добавлении комплексной добавки в виде суспензии в цемент наблюдается увеличение прочности у образца с добавкой 5% цеолита в 2,5 раза. В марочном возрасте прочность выше у образцов с комплексной добавкой в виде суспензии, содержащей 1-3% цеолита, и он составляет 36% по сравнению с контрольным образцом.

Из проведенных исследований следует, что более эффективно ведет себя тонкодисперсный цеолит, стабилизированный пластификатором. Особенно это наблюдается в начальные сроки твердения. В марочном возрасте более высокие прочностные характеристики показали образцы со стабилизированной пластификатором цеолитовой суспензией.

ВЫВОДЫ

Полученные результаты по прочности показали, что добавка тонкодисперсного цеолита может быть использована в создании высокопрочных цементных композитов. Введение цеолита как с пластификатором, так и без него приводит к повышению начальной прочности цементного камня. Без пластификатора более высокие показатели по прочности в начальные сроки твердения представлены у образцов с цеолитовой суспензией (47%). В марочном возрасте, помимо высокой начальной прочности, наблюдается максимальный прирост у образцов, содержащих стабилизированную пластификатором суспензию (36%). Это позволяет сделать вывод, что в дальнейших исследованиях следует сделать акцент на изучении структуры и свойств цементных композитов, содержащих в своем составе

стабилизированные суспензии тонкодисперсного цеолита, с последующим решением ряда строительного-технологических задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самченко С.В., Каприелов С.С., Дыкин И.В. Оптимизация структуры и свойств порошково-активированного бетона путём применения поргланццементов различной дисперсности // Техника и технология силикатов. – 2022. – Т.29. – № 1. – С. 64–74.
2. Демьяненко О.В., Копаница Н.О., Саркисов Ю.С., Горшкова А.В. Цементные композиции, модифицированные комбинированными нанодисперсными добавками // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. –2017. –№ 4 (63). – С. 101–106.
3. Козлова И.В., Земскова О.В., Леканов Н.А. Варианты введения тонкодисперсной добавки на основе перлита в цементные композиции // Строительные материалы. – 2022. – № 11. – С. 42–49.
4. Самченко С.В., Давидюк А.Н., Новиков Н.В. Влияние дисперсности барийсодержащей добавки для радиационно-защитных композиционных материалов на физико-механические свойства цемента // Техника и технология силикатов. – 2021. – Т. 28. – № 3. – С. 95-100.
5. Самченко С.В., Егоров Е.С. Управление свойствами цементной пасты при ее модифицировании предварительно гидратированной цементной суспензией // Техника и технология силикатов. – 2021. – Т. 28. – № 2. – С. 54-58.
6. Елистраткин М.Ю., Минаков С.В., Шаталова С.В. Влияние минеральной добавки в составе композиционного вяжущего на эффективность работы пластификатора // Строительные материалы и изделия. – 2019. – Т. 2. – № 2. – С. 10-16.
7. Макаров Ю.А., Терешкин И.П., Лукашина С.В. Возможность использования природных цеолитов в качестве минеральной добавки для бетона // Научный альманах. – 2015. – № 8(10). – С. 852-855. DOI: 10.17117/na.2015.08.852.
8. Юсупов Т.С., Казанцева Л.К., Шумская Л.Г. Экологические аспекты использования природных цеолитов // Сиббезопасность-Спасиб. – 2013. – № 1. – С. 267-273.
9. Серих А.И., Рождественская Н.Н. Фотолюминесцентные индий-замещенного- цеолита zsm-5 свойства // Журнал физической химии С. – 2015. – Т. 119. – № 31. – С. 17612-17618.
10. Тотурбиев Б.Д. Природные цеолиты - эффективные минералы для изготовления строительных материалов // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2012. – № 58. – С.47-51.
11. Пашкин Е.М., Савельев К.Н., Голубин С.И. Новые возможности укрепления грунтов на объектах магистрального трубопроводного транспорта нефти и газа // Геотехника. – 2015. – №2. – С. 24-31.
12. Селяев В.П., Седова А.А., Куприяшкина Л.И., Осипов А.К., Куприяшкина Е.И. Изучение процессов разрушения цементного камня, наполненного цеолитсодержащей породой, растворами хлористоводородной кислоты // Известия вузов. Строительство. – 2014. - №7. – С. 32-38.

ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОУГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Т.Р. Баркая¹, П.В. Куляев², Р.З. Цыбина³, Г.В. Новиченков⁴, С.О. Токарев⁵
^{1,2,3,4,5}ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026,
Тверская область, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22,

¹*btrs@list.ru*

²*p.kuliaev@yandex.ru*

³*zubina-rz@mail.ru*

⁴*german.novi@yandex.ru*

⁵*semao_tokarev@inbox.ru*

ВВЕДЕНИЕ

Большинство электростанций в России, как и в мире, для выработки электроэнергии используют (сжигают) ископаемое топливо. В российской энергетике работает огромное количество электростанций, использующих в качестве топлива уголь, в результате чего ежегодно образуется около 50 млн тонн золошлаковых отходов. В отвалах энергосистем России находится более 1,2 млрд тонн золошлаковых смесей [1]. Золошлаковая смесь – полидисперсная смесь из золы и шлака, образующаяся при их совместном складировании на тепловых электростанциях. В зависимости от вида используемого угля, способа сжигания, способа золоудаления и т. д. на ТЭС образуются различные виды отходов: 1) зола уноса сухого улавливания; 2) золошлаковая смесь гидроудаления. В России уровень утилизации данных отходов промышленности не превышает 15 %. В ряде развитых стран – около 50 %, во Франции и в Германии – 70 %, а в Финляндии – около 90 % их текущего выхода. Они применяют в основном сухие золы [1]. Поэтому использование золошлаковых отходов – это не только вопрос экономии материальных ресурсов, но и в большей мере решение проблемы возрастающего загрязнения окружающей среды и снижения углеродного следа. Золошлаковые смеси из отвалов ТЭС в наибольших объемах находят своё применение в дорожном строительстве, при возведении земляного полотна. Одно из первых применений золошлаковой смеси из отвалов ТЭС известно в районе города Твери – при возведении земляного полотна подъездной дороги [2]. Также золошлаковые смеси могут применяться для устройства слоёв дорожной одежды в качестве конструктивных слоёв или в качестве добавки к вяжущим при укреплении грунтов. Требования ГОСТ Р 52129 – 2003 разрешают использовать золошлаковые отходы ТЭС также и в качестве минеральных порошков для асфальтобетонов.

Такие отходы могут быть использованы и при изготовлении монолитных и/или сборных бетонных и железобетонных изделий, а также при изготовлении сухих строительных смесей на основе цементных вяжущих [3].

Несмотря на все негативные последствия и издержки из-за низкого уровня утилизации [4], зольные и шлаковые отходы являются уникальным материалом из-за своих физико-механических свойств и агрегатному составу [5, 6].

Использование золошлаковых отходов в производстве бетонов, самых востребованных строительных материалах, позволит решить вопросы их ресурсоемкости и экономической эффективности. Известно, что в настоящее время среднее потребление бетона составляет около 1 т/год на каждого живущего человека [7]. В состав вяжущих веществ как основных компонентов бетонов в настоящее время часто включают доменный молотый гранулированный шлак, который теперь характеризуется как вторичный материальный ресурс металлургической промышленности, имеющий достаточно высокую стоимость и золу, которая является пока отходом топливных электростанций (ТЭС). Их используют в качестве добавок [8].

Поэтому замена части портландцемента – минерального вяжущего, или инертных заполнителей в составе бетона на золу или металлургические шлаки в пересчете на одну

тонну произведенного бетона может оказать значительное глобальное воздействие. Ведь только на цементную промышленность приходится 5 % мировых антропогенных выбросов CO₂ [9]. Поэтому выбросы от производства традиционного вяжущего часто становятся предметом внимания при оценке выбросов парниковых газов от бетона [9].

Однако, как показывают данные, существуют и другие компоненты производства бетона, которые ответственны за выбросы парниковых газов, которые, несомненно, необходимо учитывать [9,10].

Целью данной работы являлось исследование возможности применения обогащенной золы при получении низкоуглеродных композиций на основе портландцемента.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения исследований низкоуглеродных композиций на основе цементного вяжущего применялись:

- в качестве минеральной добавки применялась зола – отход, Московская область;
- в качестве вяжущего использовался портландцемент производства Лафарж, г. Коломна, Московская область, «LafargeHolcim» по ГОСТ 10178;
- гидросульфоалюминатная добавка;
- песок строительный, Тверская область, по ГОСТ 8736;
- вода по ГОСТ 23732.

Для определения предела прочности на сжатие и средней плотности затвердевшего низкоуглеродного искусственного камня с содержанием золы и гидросульфоалюминатов добавки в составе сырьевой смеси (рис.1, а, б) были изготовлены стандартные образцы с размерами граней 20×20×20 мм, выдержанные семь суток в нормальных условиях твердения. Испытания образцов контрольного и опытных составов производили по стандартным методикам в соответствии с требованиями ГОСТ.

В составе сырьевых смесей, представленных на рисунке 1, содержание обогащенной золы (рис.1, в) варьировалось на трех уровнях: нижнем – 15 %, среднем – 22,5 % и верхнем – 30 %. Гидросульфоалюминатная добавка (рис. 1, г) вводилась в состав всех использованных композиций в количестве 8 и 12 % по результатам предварительных исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты испытаний на сжатие и плотность образцов приведены на рисунках 2,3. Проведенными исследованиями предела прочности при сжатии низкоуглеродного искусственного камня установлено, что содержание золы отражается на прочности, характер зависимости – параболический. Причем, для исследованных составов с содержанием гидросульфоалюминатной добавки в количестве 8 % прочность увеличивается.



а)



б)



в)



г)

Рис. 1. Внешний вид: а) сухой смеси на основе цементного вяжущего и добавок; б) готовой смеси на основе цементного вяжущего и добавок; в) золы; г) гидросульфалюминатной добавки

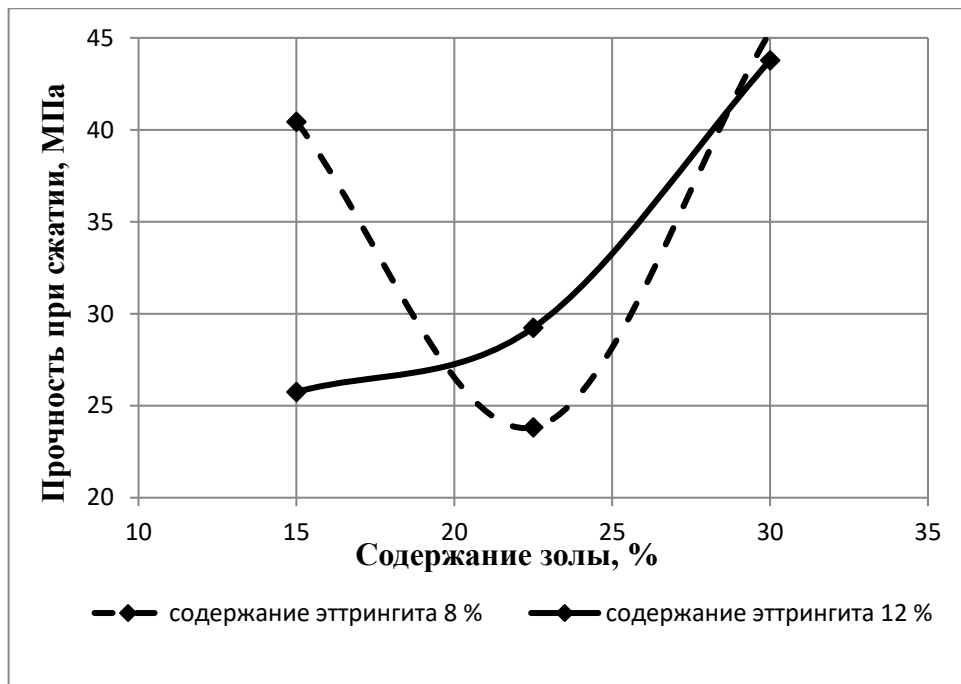


Рис. 2. Зависимость прочности при сжатии модифицированного цементного камня с минеральными добавками от содержания золы

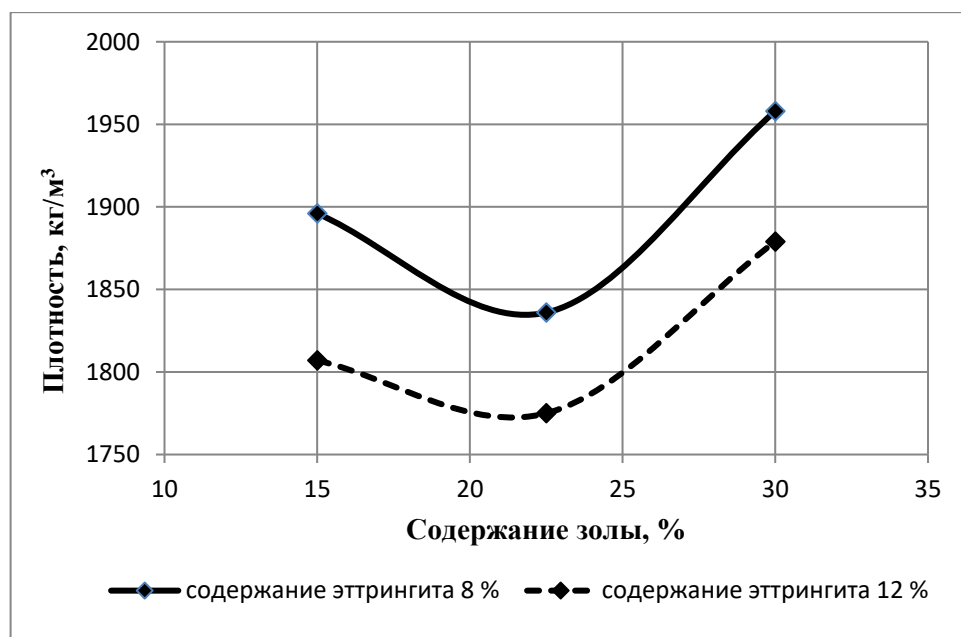


Рис. 3. Зависимость средней плотности модифицированного цементного камня с минеральными добавками от содержания золы

Тогда как в случае составов с содержанием гидросульфоалюминатной добавки в количестве 12 % зависимость представлена параболой с точкой перегиба при содержании золы 22,5 %. Причем, прочность в этой точке камня с содержанием гидросульфоалюминатной добавки в количестве 12 % ниже, чем с содержанием 8 %, хотя для нижнего предела содержания золы (15 %) прочность на 55 % выше у камня с содержанием гидросульфоалюминатной добавки 8 %. Предел прочности при сжатии для камня с содержанием золы 30 % превышает предел прочности материала с содержанием золы 15 % более чем на 77 % – для состава с гидросульфоалюминатной добавкой 12 %.

Зависимость по плотности подобна, плотность для смеси с содержанием гидросульфоалюминатной добавки в количестве 8 % выше, чем с содержанием 12 % для

всех исследованных смесей с золой, что не противоречит результатам других исследователей. Исследования продолжаются.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 21-79-30004).

ВЫВОДЫ

Таким образом, модификация цементного вяжущего комплексом техногенных добавок, благоприятно отражается на прочности и плотности искусственного камня. При содержании золы в количестве 30 % прочность цементного камня достигает 45,32 МПа при плотности около 1900 кг / м³. Введение гидросульфоалюминатной добавки совместно с золой в количестве 30 % позволяет снизить плотность бетона без потери прочности.

Использование золы в составе низкоуглеродной композиции отражается, как отмечалось выше, и на экономической составляющей производства бетонов. Сокращение затрат на разведку, добычу, транспортирование природных ископаемых в сочетании с выгодой от транспортирования и оплаты содержания отходов принесет высокую прибыль из-за большого потребления бетонов на рынке строительных материалов. Поэтому данный техногенный ресурс, несомненно, найдёт своё достойное место в ряду материалов для производства композиционных вяжущих и бетонов на их основе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Путилин Е. И., Цветков В. С. Обзорная информация отечественного и зарубежного опыта применения отходов от сжигания твердого топлива на ТЭС. М.: Союздорнии, 2003. 60 с.
2. Makul N., Fediuk R., Amran M., Al-Akwa M.S., Pralat K., Nemova D., Petropavlovskii K., Novichenkova T., Petropavlovskaya V., Sulman M. Utilization of biomass to ash: an overview of the potential resources for alternative energy. *Materials*. 2021. Т. 14. № 21
3. Кочеткова Р. Г. Техногенные грунты и их применение в дорожном строительстве // Научно-информационный сборник. 2002. №6.
4. Ватин Н.И., Петросов Д. В., Калачев А. И., Лахтинен П. Применение зол и золошлаковых отходов в строительстве // Инженерно-строительный журнал. 2011. №4.
5. Микаелян, Х. А. Новиченков Г. В. Золоцементные композиции на основе золошлаковых отходов гидроудаления / Х. А. Микаелян, Г. В. Новиченков // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова : Сборник докладов, Белгород, 16–17 мая 2023 года. Том Часть1.– Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 113-117. – EDN FKGWNZ.
6. Petropavlovskaya V., Sulman M., Novichenkova T., Sidorov A., Petropavlovskii K. Ultra-dispersed ash filler for dispersed binding systems. *Chem Eng Trans* 2021. Т. 88. С. 1003-1008.
7. Ahmari S, Ren X, Toufigh V, Zhang L. Production of geopolymetric binder from blended waste concrete powder and fly ash. *Constr Build Mater* 2012; 35:718–29.
8. Schneider M, Romer M, Tschudin M, Bolio H. Sustainable cement production – present and future. *Cem Concr Res* 2011;41(7):642–50.
9. Davidovits J. Global warming impact on the cement and aggregate industries. *World Res Rev* 1994; 6:263–78.
10. Yusuf MO, Johari MAM, Ahmad ZA, Maslehuddin M. Strength and microstructure of alkali-activated binary blended binder containing palm oil fuel ash and ground blastfurnace slag. *Constr Build Mater* 2014; 52:504–10.

ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ

П.В. Куляев¹, Р.З. Цыбина², В.В. Белов³, Т.Р. Баркая⁴

1,2,3,4 ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Тверская область, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22,

¹*p.kuliaev@yandex.ru*

²*zubina-rz@mail.ru*

³*vladim-bel@yandex.ru*

⁴*btrs@list.ru*

Аннотация

Поиск технологических и экономически оправданных способов оптимизации зернового состава заполнителя и тонкодисперсных наполнителей мелкозернистого бетона остается на сегодняшний день актуальной задачей. В статье отражены результаты исследования влияния распределения частиц заполнителя и тонкодисперсного наполнителя в мелкозернистом карбонатном бетоне в соответствии с известными гранулометрическими зависимостями на такие параметры, как плотность упаковки и пористость и дана оценка границ применения данных зависимостей. Показано, что тонкодисперсный наполнитель способствует вытеснению при твердении влаги из микропор и увеличению плотности цементного камня, но его нужно добавлять в смесь в строго регламентированных количествах.

ВВЕДЕНИЕ

Оптимизация и корректировка тонкодисперсной части зернового состава мелкозернистого бетона затрагивает как производителей цемента, так и технологов-разработчиков рецептур. Европейский стандарт по цементу EN 197-1 рассматривает некий минеральный каркас-агломерат, внутри которого возможно применение гидравлических, пуццолановых и инертных добавок, как основных, так и вспомогательных, для отдельных видов цемента. Подобные технологические обстоятельства и требования, связанные с проектированием составов бетона, приводят к поиску путей активной оптимизации технологических линий просеивания тонкодисперсных материалов. В частности, мельчайшие зерна, обладая достаточно прочной зернистой поверхностью - влияют как на водостойкость, реактивность и технологичность свежеприготовленного бетона, так и на размер капиллярных, и значимой доли гелевых, пор, и распределение пластичной и твердой фаз бетона [1]. Благодаря широкому применению гидравлически активных добавок, все шире используются в составе бетона тонкодисперсные порошки, свойства которых зачастую недостаточно изучены. Оценка таких добавок не всегда однозначна, и требует уточнения некоторых основ и ограничений в использовании тонкодисперсных фракций в бетоне.

Растущее использование мелкозернистого бетона с высоким содержанием тонкодисперсного компонента (самоуплотняющиеся бетоны SCC, self-compacting concrete, высокопрочные бетоны UHPC, ultra-high performance concrete, с минеральными наполнителями) в последние годы привело к поиску путей снижения водопотребности смеси за счет оптимизации тонкодисперсной части зернового состава [2]. Оптимальное распределение зерен цемента и добавок может снизить потребление воды за счет увеличения плотности упаковки, как показали исследования с использованием золы-уноса и тонкомолотого известняка [3]. При этом необходимо стремиться к полифракционному или бимодальному гранулометрическому распределению, которое соответствует минимальной водопотребности. Тонкий просев позволяет получать фракционированные бетонные смеси в области тонкодисперсных минеральных частиц размером менее 8 мкм [4]. Эти частицы существенно влияют на распределение капиллярных пор (за счет оптимизации структуры композита и более высокой степени гидратации).

Правильное дозирование, степень дисперсности и технология введения минеральных тонкодисперсных добавок в соответствии с моделями, оптимизирующими гранулометрический состав мелкозернистого бетона, ведут к снижению его деформативности за счет создания более плотной структуры, делая их более прочными, долговечными и стойкими к агрессивным средам [5,6,7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования по увеличению плотности упаковки частиц за счет изменения их распределения в объеме бетона относят к фундаментальной работе Фуллера и Томпсона. Их известное распределение по Фуллеру (формула 1) часто используется для получения самых плотных упаковок зерен:

$$\theta = 100 \left(\frac{d}{d_{max}} \right)^n \quad (1)$$

Показатель степени n был экспериментально получен Фуллером для крупнозернистых ($>0,5$) и мелкозернистых ($<0,25$) фракций цемента и добавок. Плотность упаковки D , необходимая для заполнения пространства матрицы бетона определяется как объемное отношение твердой части бетона V_T к общему объему зерен V_0 (уравнение 2) или может быть определена по доле пор P в данном объеме.

$$D = \frac{V_T}{V_0} = 1 - P \quad (2)$$

Самые высокие плотности упаковок в диапазоне $0,65 < D < 0,75$ достигаются в зерновых смесях с показателем n в диапазоне $0,4 < n < 1,2$. При меньших значениях данного показателя отмечается снижение плотности упаковки D [1]. Дополнительное пространство, соответствующее объему пор P в свежеформованном бетоне, состоит из связующего, воды и воздушных (и части капиллярных) пор.

Формула Фуллера обычно не используется для описания распределения тонких фракций частиц в бетоне (менее 0,5). Высокая плотность упаковки в объеме таких фракций соответствует распределению Функа-Дингера (формула 3):

$$\theta = 100 \left(\frac{d^q - d_{min}^q}{d_{max}^q - d_{min}^q} \right)^n, \quad (3)$$

Распределение дисперсных зерен по данной зависимости позволяет избежать сингулярности в определении удельной поверхности при $d_{min}=0$ (см. уравнение) за счет введения фактического минимального размера d_{min} частиц.

Распределение зернового состава цемента и наполнителя хорошо описывается с помощью распределения RRSB, Rosin, Rammler, Sperling and Bennett, (DIN 66145) через эквивалентный диаметр зерна d' и модуль n (уравнение 4). При этом эквивалентный диаметр зерна соответствует теоретическому значению плотности распределения 63,2%. В [8] приведены диапазоны значений для d' и n для различных типов цемента:

$$\theta = 100 \times [1 - \exp(-\frac{d}{d'})^n], \quad (4)$$

Из всех приведенных моделей распределения мелкозернистой (размеры зерен 0,1-5мм) и тонкодисперсной частей минеральных компонентов бетона (цемент и добавки) в качестве базисных рассматривались формулы Функа-Дингера и RRSB.

Целью оптимизации грансостава бетона по приведенным зависимостям являлось создание контактной структуры компактного типа, с минимальной пустотностью, и регулирование структурообразования композита на микро- и мезоуровнях. В качестве вяжущего применялся цемент СЕМ I 42.5, заполнителя – отсев дробления известняка с крупностью зерен 0-5 мм, наполнителя – молотый известняк с удельной поверхностью – 450 м²/кг.

В качестве входных данных варьировались соотношение тонкомолотого известняка к цементу в твердой части вяжущего И/Ц = 0-30%, фракция матрицы менее 0,1мм 0-10%, водоцементное отношение составляло 0,35-0,45, пластифицирующая добавка – в пределах 0, 5%. Выходной параметр – плотность упаковки композита. Для исследования свойств твердой тонкодисперсной части матрицы (цемент и добавки) использовались образцы-кубы

2x2x2 см, а мелкозернистого композита – 7x7x7 см, гранулометрический состав мелкозернистой части принимался по распределению (3), а тонкодисперсной – по (4) [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ вышеприведенных зависимостей и данных исследований показал, что при использовании в смеси трех компонентов (цемент 30-35% , известняковая крошка 30-60%, молотый карбонатный порошок 15-30%) реализуется распределение тонкодисперсных частиц в смеси цемента и наполнителя, близкое к распределению RRSB (формула 4), а в части заполнителя из карбонатного боя для частиц до 5 мм включительно наиболее оптимальна для описания гранулометрического состава формула Функа-Дингера, модифицированная с учетом формы и фактуры твердых частиц ().

$$\theta = 100 \cdot \left(\alpha + (1 - \alpha) \frac{d^n - d_{\text{нижн}}^n}{d_{\text{верхн}}^n - d_{\text{нижн}}^n} \right), \quad (8)$$

где α – коэффициент, учитывающий форму и фактуру зерен.

Результаты оценки изменения плотности упаковки мелкозернистого композита от варьируемых параметров представлены в таблице 1.

Табл. 1. Изменение плотности упаковки в зависимости от содержания наполнителя и его тонкой фракции, с диаметром частиц $d < 0.1$ мм

Диапазоны варьирования содержания добавок	В/Ц	И/Ц	Фракция < 0.1, в % от объема наполнителя	Плотность композита г/см ³
минимум	0,45	0	0	2,10
максимум	0,35	30	10	2,28

Как видно из сравнения значений плотности композита с минимумом и максимумом содержания наполнителя, модифицирование гранулометрического состава мелкозернистой части смеси по формуле Функа -Дингера, а твердой части матрицы – по распределению RRSB, способствует повышению плотности упаковки, за счет снижения водопотребности смеси и лучшему заполнению микропор композита добавками. В обоих случаях в состав бетона вводилось примерно одинаковое количество пластифицирующей добавки, порядка 0,5% от объемной массы цемента.

Ниже приводится алгоритм практического применения данного распределения, прототипом которого является распределение Вейбулла, согласно которого, например, распределяются частицы глиняной пыли, и которое имеет вид:

$$\theta = 1 - \exp[-(x - x_0)^m / x_0] \quad (5)$$

В целях описания закона распределения частиц тонкодисперсного известнякового наполнителя, например, параметр x_0 принимается равным нулю. Для отыскания значений x/x_0 и m , решаются совместно уравнения 6 и 7:

$$X_0 = \sum_{i=0}^n x_i^m \quad (6)$$

$$\frac{1}{m} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^m \cdot \ln x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^m} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i = y \quad (7)$$

Изменяя значения m , вычисляется правая часть уравнения 6, затем строится график функции y от m . Точка пересечения этого графика с прямой $y=1/m$ дает искомый корень m . Зная m , находим x_0 из уравнения 6. График выглядит следующим образом:

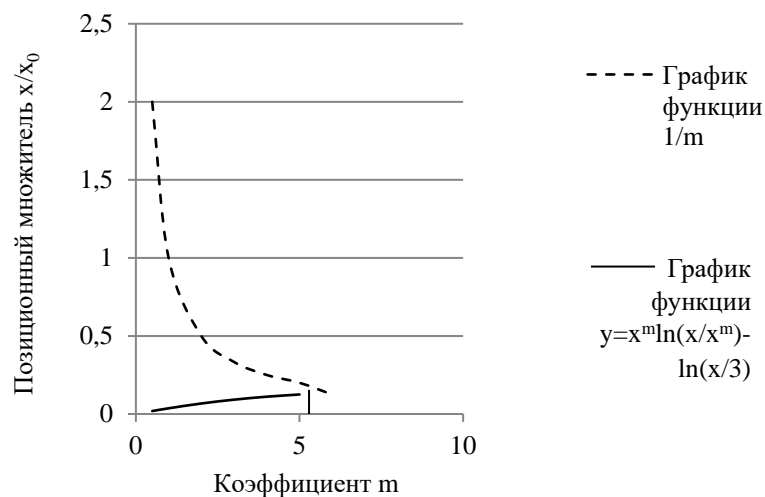


Рис. 1. Графики зависимости функции от модуля вариации m и множителя x/x_0

На практике модуль вариации m и позиционный множитель x/x_0 (рисунок 1) можно вывести для комбинаций любых тонкодисперсных фракций тонкодисперсного минерального наполнителя в вяжущей части, но в ограниченном диапазоне размеров частиц, что сужает эффективность теоретического подхода к данному анализу.

Минимизация пористости смеси цемента и добавок, как показано в исследовании границ применимости вышеуказанных зависимостей, может быть достигнута путем приближения к гранулометрической кривой с показателем степени 0,2 и в диапазоне крупности зерен наполнителя до 200 мкм. Благодаря таким оптимизированным смесям обеспечивается значительное улучшение свойств свежееуложенного и набирающего прочность бетона. Но допущение о минимизации пористости смеси по распределению Фуллера (формула 1) с $n = 0,2$ не соответствует опытным данным. [8]. Значение модуля распределения q по формуле 3 для наиболее плотной упаковки оказалось теоретически равным 0,28, а экспериментально - в диапазоне $0,22 < q < 0,36$ [8]. Тонкодисперсный наполнитель, вводимый в смесь в строго регламентированных количествах, способствует вытеснению при твердении влаги из воздушных и капиллярных микропор и частично переводит ее в гелевую область, заполняя их собой, что способствует снижению пористости композита и повышению его долговечности.

ВЫВОДЫ

Анализ гранулометрического распределения твердых частиц в составе бетона имеет важное значение как в целом для бетона, так и для его цементной матрицы. Это возлагает ответственность как на производителей-поставщиков цемента, так и на технологов по производству бетона, поскольку именно они подбирают оптимальные добавки. По данным исследований, высокоплотные упаковки мелкозернистых смесей с высоким содержанием тонкодисперсных добавок могут быть получены с помощью распределения Функа-Дингера, а оптимизация тонкодисперсной части наполнителей бетона (цемента и добавок) производится по распределению RRSB. Путем добавления в цементный клинкер минеральной каменной муки (известняка, кварца), можно добиться улучшения распределения пор в смеси, что влияет на ее водопотребность.

Из анализа различных зависимостей, описывающих грансостав бетона видно, что нет единого подхода к выбору того или иного закона распределения частиц из-за большого количества факторов, его определяющих. Дозировка ультрадисперсных добавок должна производиться обдуманно и осторожно, так как такие частицы оказывают сильное влияние на удельную поверхность и реакционную способность цемента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Паулини П., Заксер А. Границы оптимизации зернового состава цемента и добавок // Бетон, №3, Инсбрук, 2008, С.110-113.
2. Бруверс Х. Д. Темы исследований цементов и бетонов // Веймар, 2006, С.265-295.
3. Хэрдтл Р. Влияние гранулометрического состава золы-уноса на свойства бетонов // Сборник № 448, Берлин, 2000, С. 1-173.
4. Эренберг А. Оптимизация грансостава цементов с содержанием золы-уноса // Сборник FEHS, №10, Клаусталь, 2001, ISSN, С.0948-4787.
5. Плугин А.А. Применение карбонатных добавок в цементных составах для гидроизоляционных и реставрационных работ зданий и сооружений / А.А. Плугин, Т.А. Костюк, М.Г. Салия Д.А. Бондаренко // Сборник научных трудов института строительства и архитектуры МГСУ, 2012, С. 224- 227.
6. Шуттер Г. Влияние известнякового наполнителя как минеральной добавки в самоуплотняющийся бетон //36 Конференция "Наш мир в бетоне и конструкциях", Сингапур. 14-16/08/2011.
7. Белов В.В. Прочностные и деформативные свойства бетонов с карбонатными микронаполнителями/ В.В. Белов, С.Л. Субботин, П.В. Куляев// НТП Журнал «Строительные Материалы», март, 2015, С. 25-28.
8. Кульман К., Эллерброк Х. Гранулометрический состав и свойства цементов // Часть 1, Цемент-Известняк-Гипс,38, Н.4, С. 169-178.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ШЛАКА В ГЕОПОЛИМЕРАХ: ОБЗОР

Д.Д. Бабаев¹, К.С. Петропавловский², М.Ю. Завадько³, Х.А. Микаэлян⁴

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «Тверской государственной технической университет», 170026, Тверская область, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22,

¹*dr.d1708@yandex.ru*

²*kspetropavlovsky@gmail.com*

³*79043517876@yandex.ru*

⁴*xach200@mail.ru*

Аннотация

В работе рассмотрены возможности получения альтернативных минеральных вяжущих, на основе технически и экономически оправданных способов их производства – геополимерных композиций. Промышленность строительных материалов и строительный комплекс в целом таким образом могут решить ряд экологических и энергетических проблем. Синтез геополимерных вяжущих по энергосберегающим технологиям на основе молотых доменных гранулированных шлаков и фракционированных порошков топливной золы привлекает особое внимание ввиду их высоких эксплуатационных свойств и коррозионной стойкости. Рассмотрены технологические и рецептурные факторы, определяющие эффективность получения геополимеров на основе техногенных ресурсов.

ВВЕДЕНИЕ

И в России, и в зарубежных странах уже на протяжении второго столетия интенсивно развивается металлургическая промышленность. А это обуславливает образование большого количества побочных продуктов, в первую очередь – шлаков при выпуске чугуна и стали. В настоящее время накопленные за это время доменные и сталеплавильные шлаки медленного охлаждения занимают огромные территории, находящиеся в зоне городов. Поэтому стоит задача утилизации шлаков и освобождения от них больших площадей [1].

Проблема утилизации минеральных отходов и побочных продуктов промышленности в строительстве, особенно металлургических (доменных) шлаков, приобретает особую актуальность в настоящее время и будет становиться еще более острой проблемой в будущем. Это связано не только с накоплением отходов, но и с повышением значимости решения экологических проблем и, как следствие, принятием на государственном уровне различных нормативных актов по хранению и утилизации подобных отходов.

Целью данной работы являлось определение и обоснование оптимального варианта выполнения работ по утилизации доменного гранулированного шлака в составе геополимерного вяжущего на основе анализа состояния исследуемой проблемы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Аналитический обзор по проблеме использования шлаковых отходов доменного производства в составе геополимерного вяжущего основывается на проведении систематизации сведений с позиций достоверности и спорности. В целях получения информации по указанной выше теме исследований в работе были проанализированы научные данные из достаточно большого числа источников информации, в том числе из зарубежных и российских научных журналов и монографий.

В ходе проведения теоретических исследований в обзоре проводилась сравнительная оценка различных вариантов решения обозначенной проблемы с учетом результатов прогнозных исследований, проводившихся другими исследователями по схожей тематике.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Современные исследователи развивают направления поиска альтернативных видов минеральных вяжущих веществ (бесцементных, геополимерных и т.д.), способных заменить наиболее широко применяемые цементные вяжущие в производстве строительных изделий и конструкций, что вызвано проблемами сокращения выбросов парниковых газов и сохранения природной среды для будущих поколений [2]. И в этом аспекте шлаковые попутные продукты металлургической промышленности имеют значительные преимущества перед многими другими промышленными отходами, прежде всего, в связи с их достаточно высокой однородностью. Они обладают пуццолановыми свойствами, которые формируются в результате протекания различных производственных процессов. В зависимости от конкретных типов протекающих процессов выделяют отдельные группы шлаков, которые классифицируются как вторичные попутные продукты промышленного производства. Среди всех разновидностей доменный шлак, который получают при производстве чугуна в доменной печи, имеет наиболее важное значение из-за его химического состава (присутствия алюмосиликатов), постоянства свойств и объемов [3].

Актуальным направлением утилизации шлаковых отходов металлургического производства является создание новых ресурсо- и энергоэффективных строительных материалов и технологий и их внедрение в промышленное производство.

Утилизация шлаков позволяет не только сберечь природные и материальные ресурсы для будущих поколений, растянуть на значительно более длительные сроки их рациональное использование и обеспечить охрану окружающей среды, но также открывает широчайшие возможности для увеличения объёмов выпуска высококачественной продукции при тех же или даже меньших затратах общественного труда и экономии капитальных вложений [4].

Применяемый в геополимерах доменный шлак не требует сжигания, он менее вреден для окружающей среды (в случае отсутствия радионуклидов), поскольку он значительно сокращает выбросы углекислого газа [5-6].

Известно, что отходы металлургической промышленности, особенно гранулированные доменные шлаки, в силу кальций-силикатного состава и аморфной природы могут обладать гидравлической активностью. Модифицирование сырьевой смеси на основе шлака активными добавками позволит усилить гидравлическую активность и ускорить процесс щелочной активации, что благоприятно сказывается на структуре и свойствах получаемых материалов [5-6].

Установлено, что повысить эффективность модификации шлаковых композиций, путем внедрения их в технологии строительного производства, возможно за счет использования их совместно с такой активной минеральной добавкой, как зола топливных станций. Однако и здесь необходимо учитывать природу и особенности техногенных продуктов.

Как активные минеральные добавки золы делят на две группы – обладающие пуццолановой активностью и одновременно – вяжущими свойствами и пуццолановой активностью. Эта классификация учитывает наличие аморфизированной кремнеземной составляющей и оксида кальция в различном процентном соотношении в зависимости от вида сжигаемого угля, технологии сжигания топлива и удаления зол [7], что необходимо учитывать и в случае синтезирования геополимерных композиций на основе металлургических шлаков и топливных зол.

Геополимеры – это, прежде всего – неорганические материалы щелочной активации алюмосиликатов. Получаемые композиции из смеси золы-уноса и доменного шлака привлекают особое внимание благодаря их превосходным свойствам – механической прочности и химической стойкости.

Известно, что активированные щелочью алюмосиликаты изготавливаются на основе прекурсора и жидкого или твердого щелочного активатора. Наиболее перспективное

применение, по крайней мере с точки зрения объема, подобный композит нашел в гражданском строительстве – в производстве бетонов. Отмечается, что щелочеактивированные бетоны имеют положительный экологический эффект, который заключается в снижении выбросов CO_2 у подобных альтернативных вяжущих по сравнению с производством портландцемента, особенно если в составе использованы вторичные материалы. Ассортимент вторичного сырья, используемого в качестве щелочного активатора, довольно ограничен, и в качестве прекурсора предлагается использовать ряд алюмосиликатных отходов, например, молотый гранулированный доменный шлак или угольная зола [8].

В статье [9], авторы исследовали влияние частичной замены золы-уноса шлаком на стойкость золошлаковых геополимеров к выцветанию. Выцветание геополимерных связующих проверяли и оценивали с помощью тестов на выщелачивание. Результаты показали, что катионы натрия и кальция, выщелоченные из геополимерных связующих, вступили в реакцию с атмосферным CO_2 и образовали кристаллические отложения, гайлюссит и кальцит, в виде гранулированных и угловатых кристаллических частиц. Добавление шлака привело к улучшению структуры пор геополимеров на основе золы-уноса, но к увеличению концентрации щелочного выщелачивания. Кристаллические отложения постепенно образовывались в объеме пор связующих и, наконец, превысили объем пор. Степень высолов на поверхности образцов повышалась с постепенной заменой шлаком. Таким образом, видимые высолы является результатом наличия щелочей, размеров и объемов пор. Более высокая концентрация доступных щелочей и меньшие поры (и объем) приведут к более интенсивному выцветанию.

Химический состав измельченного гранулированного доменного шлака основан на составе исходного материала при производстве чугуна. Частицы измельченного гранулированного доменного шлака имеют угловатую и кристаллическую форму. В измельченном гранулированном доменном шлаке кальций и диоксид кремния являются первичными по сравнению с другими элементами. Следовательно, увеличение содержания измельченного гранулированного доменного шлака автоматически увеличивает содержание оксида кальция и, в конечном итоге, приводит к повышенному образованию матрицы C-A-S-H или C-S-Hh [10-11]. Увеличение количества измельченного гранулированного доменного шлака автоматически сводит к минимуму обрабатываемость и время схватывания бетона. Увеличение плотности матрицы происходит при увеличении количества измельченного гранулированного доменного шлака. Включение измельченного гранулированного доменного шлака приводит к образованию менее пористого бетона [12-14].

Тонкость вяжущего и любых добавок оказывает значительное влияние на прочность, процесс гидратации и долговечность. По мере увеличения тонкости гранулированного доменного шлака улучшаются и физико-механические свойства строительных материалов на основе вяжущего. К ним относятся скорость гидратации, микроструктура, способность к склеиванию, прочность на сжатие, плотность, прочность на изгиб, компактность и долговечность [15-17].

По результатам исследования [18], было выявлено, что прочность обычных материалов на основе цемента может быть сравнима с прочностью геополимера на основе гранулированного доменного шлака, обладающего плотностью Блейна $6000 \text{ см}^2/\text{г}$. Кроме того, геополимер, содержащий гранулированный доменный шлак, имеющий плотность по Блейну $600 \text{ м}^2/\text{кг}$, показал прочность на сжатие $63,6 \text{ МПа}$ через 56 дней после изготовления, что больше, чем у цементного раствора ЦЕМ I 62,5 Н.

Необходимо отметить, что в последнее время отмечается достаточно большой интерес к проведению фундаментальных и прикладных исследований в области получения геополимерных материалов, как подкласса вяжущих щелочной активации. Этот интерес обосновывается внешними предпосылками ввиду того, что данный материал может служить хорошей альтернативой замены портландцемента, а значит - имеет большой

потенциал для применения в строительной отрасли как эффективный и долговечный материал для зеленого строительства [19]. Действительно, многие исследователи отмечают, что геополимеры привлекают все большее и большее внимание прежде всего из-за его экологических преимуществ: низкого энергопотребления и низкого выброса углерода при его производстве и применении, высокой производительности технологии и возможности использовать большое количество твердых промышленных отходов [20,21].

ВЫВОДЫ

Таким образом, проведенный литературный обзор позволяет заключить следующее:

- исходные компоненты могут быть либо получены естественным путем (например, каолин, метаксаолин, горные породы), либо образованы промышленным способом, т.е. могут являться вторичными ресурсами или отходами (например, топливная зола, доменный шлак) [22, 23];
- промышленные отходы в большинстве требуют предварительной подготовки или обогащения;
- при синтезе геополимеров на основе техногенных продуктов необходимо учитывать их физико-химические характеристики, что требует проведения глубоких исследований конкретных исходных веществ.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 21-79-30004).

ЛИТЕРАТУРА

1. Левкович Т. И. Об утилизации шлаков и освобождении занятых городских территорий промышленных зон с использованием шлака в дорожном строительстве / Т. И. Левкович, Т. В. Мащенко, З. А. Мевлидинов, Р. С. Сиявский // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2017. – № 4(20). – С. 113-122.
2. Petropavlovskii, K., Ratkevich, E., Novichenkova, T., Petropavlovskaya, V. The use of technogenic carbon in gypsum compositions for green building. E3S Web of Conferences, 2023, 403, 03013
3. Боженко А. М., Лимонина Т. Б., Шевцова М. А. Использование гранулированного доменного шлака в гидротехническом строительстве // Перспективы науки. – 2021. – № 11(146). – С. 57-59.
4. Ананьева Д. Ю. Использование технологии утилизации граншлака // Актуальные вопросы развития современной науки и технологий: сборник статей Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 28 ноября 2022 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2022. – С. 94-98.
5. Строчкова Я. А., Клименко Н. Н. Комплексная щелочно-щелочноземельная активация гранулированного доменного шлака // Успехи в химии и химической технологии. – 2019. – Т. 33, № 4(214). – С. 130-132.
6. Косаев Т. И., Иманалиев К. Е., Салимов А. М. Исследование процессов взаимодействий в шлакощелочных вяжущих композициях на основе доменных и фосфорных гранулированных шлаков // Научные труды ЮКГУ им. М. Ауэзова. – 2020. – № 4(56). – С. 12-16.
7. Степаненко М. А. Оценка активности зол-уносов различного состава как минеральных добавок для цементных систем / М. А. Степаненко, И. Ю. Маркова, В. В. Строчкова, А. Ю. Марков // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2023. – № 11(779). – С. 50-59.
8. Keppert, Martin & Pommer, Vojtěch & Šádková, K & Vejmelková, E & Černý, Robert. (2023). Physical properties of alkali activated aluminosilicates based on low-reactivity ceramics in room temperature conditions. Journal of Physics: Conference Series. 2628. 012008. 10.1088/1742-6596/2628/1/012008.
9. Yao, Xiao & Yang, Tao & Zhang, Zhuhua. (2016). Fly ash-based geopolymers: Effect of slag addition on efflorescence. Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.. 31. 689-694.
10. Dong, Y., Pei, L., Fu, J., Yang, Y., Liu, T., Liang, H., & Yang, H. (2022). Investigating the mechanical properties and durability of metakaolin-incorporated mortar by different curing methods. *Materials*, 15(6), 2035.
11. El-Hassan, Hilal & Ismail, Najif. (2017). Effect of GGBS and Curing Temperature on Microstructure Characteristics of Lightweight Geopolymer Concrete.
12. G.S. Rao, B.S.C. Kumar. Experimental investigation of ground granulated blast furnace slag based geopolymer concrete with steel fibers. *Int. J. Recent Technol. Eng.*, 7 (6C2) (2019), pp. 49-56
13. Huseien, G. F., Mirza, J., Ismail, M., Ghoshal, S. K., & Ariffin, M. A. M. (2018). Effect of metakaolin replaced granulated blast furnace slag on fresh and early strength properties of geopolymer mortar. *Ain Shams Engineering Journal*, 9(4), 1557-1566.
14. Babu, Ganta & Rao, Kalyanapu & Dey, Subhashish & Ganugula, Taraka Veerendra. (2023). Performance studies on quaternary blended Geopolymer concrete. *Hybrid Advances*. 2. 100019. 10.1016/j.hyadv.2023.100019.

15. *Sha, Fei & Li, Shucui & Liu, Rentai & Li, Zhaofeng & Zhang, Qingsong.* (2018). Experimental study on performance of cement-based grouts admixed with fly ash, bentonite, superplasticizer and water glass. *Construction and Building Materials*. 161. 282-291. 10.1016/j.conbuildmat.2017.11.034.
16. *Сульман М. Г.* Комплексная переработка золошлаковых отходов угольных электростанций с получением ценных продуктов, востребованных в различных отраслях промышленности / *М. Г. Сульман, Л. М. Делицын, О. С. Попель [и др.] // ХимРеактор-25: СБОРНИК ТЕЗИСОВ XXV МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО ХИМИЧЕСКИМ РЕАКТОРАМ*, Тюмень, 08–13 октября 2023 года. – Новосибирск: Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук, 2023. – С. 113-114.
17. *Петропавловская В. Б., Новиченкова Т. Б., Завадько М. Ю.* Гипсовые композиты с микродисперсными наполнителями // *Тверской государственный технический университет*. – Тверь : Тверской государственный технический университет, 2021. – 164 с.
18. *Biricik, Hasan & Kirgiz, Full Professor Dr & Galdino, André & Kenai, S. & Mirza, Jahangir & Kinuthia, John & Ashteyat, Ahmed & Khitab, Anwar & Khatib, Jamal.* (2021). Activation of slag through a combination of NaOH/NaS alkali for transforming it into geopolymer slag binder mortar – Assessment the effects of two different Blaine fines and three different curing conditions. *Journal of Materials Research and Technology*. 14. 10.1016/j.jmrt.2021.07.014.
19. *Калинкин А. М.* Получение геополимеров с использованием механоактивированной смеси золы уноса с кальцитом и жидкого стекла / *А. М. Калинкин, Б. И. Гуревич, Е. В. Калинкина [и др.] // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН*. – 2021. – № 18. – С. 193-197.
20. *Nawaz, Mohsin & Heitor, Ana & Sivakumar, Muttucumar.* (2020). Geopolymers in construction - Recent developments. *Construction and Building Materials*. 260. 10.1016/j.conbuildmat.2020.120472.
21. *Yang 杨进, Jin & Yu, Xiaolei & He, Xinyang & Su, Ying & Zeng, Jingyi & Dai, Fei & Guan, Shiyu.* (2022). Effect of Ultrafine Fly Ash and Water Glass Content on the Performance of Phosphorus Slag-Based Geopolymer. *Materials*. 15. 5395. 10.3390/ma15155395.
22. *Петропавловская В. Б., Завадько М. Ю., Новиченкова Т. Б., Петропавловский К. С.* Применение метаксаолина и золы гидроудаления в безобжиговых гипсовых композитах // *Строительные материалы*. – 2021. – № 8. – С. 11-17. – DOI 10.31659/0585-430X-2021-794-8-11-17. – EDN FVLHCU.
23. *Петропавловская В. Б., Бурьянов А.Ф., Новиченкова Т. Б., Петропавловский К. С.* Самоармированные гипсовые композиты / *В. Б. Петропавловская, А. Ф. Бурьянов, Т. Б. Новиченкова, К. С. Петропавловский*. – Москва: Де Нова, 2015. – 163 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МНОГОТОННАЖНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕНОБЕТОНА ВО ВЬЕТНАМЕ

Танг Ван Лам¹, Фам Дык Луонг², Во Динь Тронг³, Б.И. Булгаков⁴

^{1,2,3} Ханойский горно-геологический университет, г. Ханой (Вьетнам),

⁴ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹lamvantang@gmail.com

²luong100x@gmail.com

³vodinhtrong2611@gmail.com

⁴BulgakovBI@mgsu.ru

Аннотация

Пенобетон – это разновидность ячеистого бетона, получаемого с помощью пенообразователя, который увеличивает объем бетонной смеси при одновременном уменьшении ее массы. Использование пенообразователей позволяет улучшить тепло- и звукоизоляционные свойства ячеистых бетонов за счет создания в них воздушных пустот. Автоклавный газобетон и пенобетонные блоки – это строительные материалы, широко используемые в гражданском, коммерческом и промышленном строительстве. Легкие пенобетоны были известны еще в середине прошлого столетия, но их использование по целому ряду причин не получило широкого распространения во Вьетнаме при проведении строительных работ.

В статье рассмотрена возможность получения во Вьетнаме легких пенобетонов – современных строительных материалов, повышающих экологичность производства строительных изделий и конструкций и получаемых путем использования пенообразователя EABASSOC и многотоннажных промышленных отходов в виде топливной золы-уноса и доменного шлака, что приводит к снижению их стоимости.

ВВЕДЕНИЕ

Пенобетон представляет собой легкий бетон с пористой структурой, получаемый путем отверждения легкобетонных смесей, состоящих из связующего, мелкого заполнителя, воды и пенообразователя [1,2].

Пенобетон является экономичным, экологичным и легким теплоизоляционно-конструкционным материалом, который при рациональном проектировании его состава и соблюдении требований технологии изготовления способен обеспечить требуемый уровень тепло- и звукоизоляции внутри помещений, а также огнестойкость конструкций и устойчивость к воздействию насекомых [2,3], что очень актуально в условиях жаркого и влажного климата Вьетнама.

Также использование блоков из легких бетонов вместо весьма популярных во Вьетнаме керамических кирпичей при строительстве малоэтажных зданий будет способствовать снижению нагрузки на их первые этажи и в особенности, на фундаменты, что будет способствовать снижению затрат на их сооружение.

Кроме того, во Вьетнаме много тепловых угольных электростанций и металлургических заводов, в результате работы которых ежегодно образуются миллионы тонн промышленных отходов. По некоторым данным [4,5], каждый год металлургическая промышленность производит около 45 ÷ 55 млн. т. шлаков, а золошлаковые отходы ТЭС ежегодно составляют около 50 ÷ 60 млн. т. Поэтому проблема утилизации многотоннажных техногенных отходов и изучения их возможности использования в качестве местного вторичного сырья для производства экономически и экологически эффективных строительных материалов, в том числе и пенобетонов, имеет для Вьетнама важное экономическое, экологическое и социальное значение.

Целью настоящего исследования стало получение и изучение свойств пенобетона, содержащего в своем составе золу-уноса ТЭС и доменный шлак предприятий Вьетнама и обладающего средней расчетной плотностью бетонной смеси менее 1000 кг/м^3 , фактической средней плотностью пенобетона сухом состоянии в возрасте 28 суток порядка 700 кг/м^3 и прочностью на сжатие в 28-суточном возрасте больше 5 МПа. Для достижения поставленной цели требовалось решить следующие задачи: произвести расчет состава пенобетонной смеси, позволяющей получить пенобетон с требуемыми показателями, на основании результатов которого изготовить пенобетонные образцы для экспериментальных испытаний и провести экспериментальные испытания для подтверждения предположения о возможности получения легкого пенобетона, обладающего указанными выше свойствами, используя для этого в качестве дополнительных цементирующих материалов многотоннажные отходы промышленности Вьетнама в виде низкокальциевых кислых зол-уноса ТЭС и тонкомолотых доменных гранулированных шлаков.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе были использованы следующие сырьевые материалы: портландцемент, кварцевый песок, кислая зола-уноса ТЭС, тонкомолотый доменный гранулированный шлак, пенообразователь и воду.

Для проведения исследований был взят портландцемент (Ц) ЦЕМ I 42,5Н производства завода «Бут Сон» (Вьетнам) с истинной плотностью 3100 кг/м^3 .

В качестве тонкодисперсных активных минеральных добавок были использованы низкокальциевая зола-уноса (ЗУ) ТЭС «Хай Фонг» (Вьетнам) с истинной плотностью 2340 кг/м^3 и тонкомолотый доменный гранулированный шлак (ДШ) металлургического завода «Хоа Фат» (Вьетнам) с истинной плотностью 2290 кг/м^3 . Химический состав и физические характеристики указанных цементирующих материалов приведены в табл. 1.

Табл. 1. Химический состав и физические характеристики цементирующих материалов

Среднее содержание оксидов, % масс., и физические характеристики	Портландцемент	Зола-уноса	Тонкомолотый доменный гранулированный шлак
SiO ₂	22,56	59,91	35,45
Al ₂ O ₃	5,29	23,29	13,52
Fe ₂ O ₃	3,47	5,67	-
SO ₃	-	0,49	0,14
K ₂ O	0,61	-	0,28
Na ₂ O	0,14	-	-
MgO	2,01	1,45	7,89
CaO	63,37	1,68	40,88
TiO ₂	-	-	0,50
Потери при прокаливании	2,55	7,51	1,34
Насыпная плотность, кг/м^3	1100	850	830
Удельная поверхность, $\text{см}^2/\text{г}$	3660	3980	4550

Кварцевый песок (П) реки Ло (Вьетнам) с истинной плотностью 2660 кг/м^3 и размером частиц от 0,14 мм до 1,25 мм применяли в качестве мелкого заполнителя.

Для создания ячеистой пористой структуры пенобетона использовали пенообразователь EABASSOC (Пе) с истинной плотностью 1020 кг/м^3 , в виде водного раствора 2,5%-ной концентрации [6].

Стабильность образующейся пены оценивали в результате проведения следующих испытаний: 2,5%-ный водный раствор пенообразователя объемом 100 мл помещали в чашку из нержавеющей стали объемом 300 мл и перемешивали высокоскоростной лопастной мешалкой в течение 10 мин. при 10000 об./мин. Затем образовавшуюся пену переносили в мерную колбу объемом 200 мл и сразу измеряли ее объем, после чего последовательно измеряли объем пены спустя 1, 2 и 3 часа после ее получения [5]. Согласно [7] стабильность пены рассчитывали по формуле (1):

$$\text{Стабильность пены} = \frac{\text{Объём пены, мл.}}{100, \text{ мл.}} * 100\%. \quad (1)$$

Результаты испытаний пенообразователя EABASSOC на стабильность образующейся пены представлены в табл. 2.

Табл. 2. Стабильность образующейся пены во времени

Показатели	Результаты испытаний		
	1	2	3
Продолжительность испытания, ч.			
Стабильность пены, %	92	76	65

Вода затворения (В) для получения пенобетонной смеси соответствовала требованиям ГОСТ 23732-2011 и имела значение pH = 7,5.

Методология работы включала в себя следующее:

- для определения предварительного состава пенобетонных смесей был использован метод абсолютных объемов;
- среднюю влажность в естественном состоянии в возрасте твердения 28 суток определяли по вьетнамскому стандарту TCVN 9030:2017. Легкий бетон. Методы испытаний;
- среднюю плотность пенобетонов в сухом состоянии в возрасте твердения 28 суток определяли на образцах-кубах размером 100x100x100 мм согласно ГОСТ 12730.1-2020;
- водопоглощение образцов пенобетона в возрасте твердения 28 суток определяли по вьетнамскому стандарту TCVN 3113:1993. Бетоны тяжелые. Метод определения водопоглощения;
- прочность пенобетонов на сжатие в 7 и 28-суточном возрасте определяли испытанием образцов-кубов размером 100x100x100 мм в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-2012 на универсальной испытательной машине ADVANTEST 9. Скорость нарастания нагрузки при этом согласно требованиям ГОСТ 10180-2012 составляла $(0,6 \pm 0,2)$ МПа/с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Проектирование составов пенобетонов

При проектировании составов пенобетонов исходили из следующих положений:

- расчетная средняя плотность пенобетонных смесей должна быть менее 1000 кг/м^3 ;
- средней плотностью пенобетонов в сухом состоянии в возрасте 28 суток должна быть порядка 700 кг/м^3 ;
- содержание пенообразователя должно составлять 3% от массы цемента;
- суммарное содержание золы-уноса и тонкомолотого доменного гранулированного шлака принимается равным 30% по массе от общего содержания твердых компонентов в пенобетонной смеси;
- соотношение портландцемент : мелкий наполнитель + заполнители : вода = 1:1:1 [1, 8].

С помощью метода абсолютных объемов, а также последующей корректировки на основании полученных экспериментальных результатов, были рассчитаны составы бетонных смесей для получения пенобетонов, обладающих к 28 суткам твердения средней

плотностью в сухом состоянии порядка 700 кг/м³. Разработанные составы двух пенобетонных смесей приведены в табл. 3.

Табл. 3. Составы пенобетонных смесей

Составы	Содержание сырьевых компонентов, кг, в 1 м ³ пенобетонной смеси						Расчетная средняя плотность пенобетонной смеси, кг/м ³
	Ц	В	П	ЗУ	ДШ	Пе	
ID-01	323	323	129	129	65	9,7	978,7
ID-02	323	323	129	65	129	9,7	978,7

Процесс приготовления пенобетонных смесей в лопастном смесителе состоял из следующих этапов:

- смешивания портландцемента, золы-уноса, тонкомолотого доменного гранулированного шлака и кварцевого песка до получения однородной сухой смеси;
- смешивания полученной сухой смеси с водой до получения жидкой смеси однородной консистенции;
- медленного добавления раствора пенообразователя в жидкую смесь и последующего заключительного перемешивание всех сырьевых компонентов до получения пенобетонной смеси при общей продолжительности смешения сырьевых компонентов, соответственно 5 и 10 мин.

2. Экспериментальные результаты испытания разработанных пенобетонов

Результаты определения средней влажности в естественном состоянии, плотности в сухом состоянии, водопоглощения и прочности на сжатие разработанных пенобетонов в разном возрасте твердения при продолжительности смешения сырьевых компонентов для получения пенобетонных смесей в течение 5 и 10 мин. приведены в табл. 4 и 5.

Табл. 4. Значения показателей пенобетонных образцов при продолжительности приготовления пенобетонных смесей 5 минут

Показатели	Значения показателей			
	ID-01		ID-02	
	Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднее значение	Стандартное отклонение
Средняя влажность в естественном состоянии в возрасте твердения 28 суток, % масс.	11,5	2,1	10,3	1,5
Средняя плотность в сухом состоянии в возрасте твердения 28 суток, кг/м ³	933	5,1	948	4,2
Водопоглощение в возрасте твердения 28 суток, % масс.	22,4	3,5	21,1	3,1
Прочность на сжатие, МПа, в возрасте твердения:				
7 суток	5,16	1,6	5,87	1,7
28 суток	8,92	2,2	9,15	2,0

Табл. 5. Значения показателей пенобетонных образцов при продолжительности приготовления пенобетонных смесей 10 минут

Показатели	Значения показателей			
	ID-01		ID-02	
	Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднее значение	Стандартное отклонение
Средняя влажность в естественном состоянии в возрасте твердения 28 суток, % масс.	14,5	2,2	13,3	1,7
Средняя плотность в сухом состоянии в возрасте твердения 28 суток, кг/м ³	704	4,5	705	3,5
Водопоглощение в возрасте твердения 28 суток, % масс.	26,6	3,0	27,5	3,5
Прочность на сжатие, МПа, в возрасте твердения:				
7 суток	3,95	2,1	4,05	2,5
28 суток	5,95	1,8	6,17	2,2

Из приведенных в табл. 4 и 5 экспериментальных результатов видно, что средняя влажность, средняя плотность, водопоглощения и прочность на сжатие разработанных пенобетонов зависит от продолжительности приготовления пенобетонных смесей, что коррелируется с полученными ранее результатами других исследователей [9,10]. При этом, при двукратном увеличении продолжительности смешения сырьевых материалов с 5 до 10 мин. наблюдается увеличение средней влажности и водопоглощения пенобетонов и снижение их средней плотности и прочности на сжатие, что можно объяснить большим вовлечением в бетонную смесь атмосферного воздуха с ростом продолжительности перемешивания сырьевых компонентов при их приготовлении.

Сравнительное изображение структуры образцов пенобетонов с различной продолжительностью приготовления пенобетонных смесей после их испытания на прочность на сжатие, подтверждающие сформулированное выше предположение о снижении средней плотности получаемых пенобетонов с ростом длительности перемешивания сырьевых компонентов, представлено на рис. 1.



а) Перемешивание в течение 5 минут



б) Перемешивание в течение 10 минут

Рис. 1. Структура образцов пенобетонов с различной продолжительностью приготовления пенобетонных смесей после их испытания на прочность на сжатие

ВЫВОДЫ

В результате проведенных экспериментальных исследований можно сделать следующие основные выводы:

1. Экспериментально подтверждена возможность получения во Вьетнаме из пенобетонных смесей с расчетной средней плотностью менее 1000 кг/м³ легких пенобетонов, обладающих средней плотностью в сухом состоянии в возрасте твердения 28 суток порядка 700 кг/м³ и прочностью на сжатие в 28-суточном возрасте больше 5 МПа, используя для этого многотоннажные промышленные отходы в виде низкокальциевых кислых зол-уноса ТЭС и тонкомолотых доменных гранулированных шлаков, введенных в пенобетонные смеси в качестве дополнительных цементирующих материалов в количестве 30 % масс. от общего содержания твердых компонентов в смеси.

2. Установлено, что вне зависимости от продолжительности приготовления пенобетонной смеси, у пенобетона, содержащего в большем количестве тонкомолотый доменный гранулированный шлак по сравнению с пенобетоном с большим количеством низкокальциевой золы-уноса, при сопоставимых значениях средней влажности и водопоглощения наблюдается несколько выше средняя плотность и прочность на сжатие в возрасте твердения 7 и 28 суток, что по-видимому, можно объяснить большей активностью шлака по сравнению с использованной золой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Невилл А.М. Свойства бетона. – М.: Изд. литературы по строительству. 1972. 345 с.
2. Шахова Л.Д. Технология пенобетона. Теория и практика. - М.: АСВ. 2010. 247 с.
3. Даулетияров М.С., Жанабаев М.Г., Колесников А.С. Исследование состава и свойств цемента для пенобетона // Научно-методический журнал. 2017. №1 (14). С. 12-13.
4. Van Lam Tang, Trong Chuc Nguyen, Xuan Hung Ngo, Van Phi Dang, Boris Bulgakov, Sophia Bazhenova. Effect of natural pozzolan on strength and temperature distribution of heavyweight concrete at early ages. MATEC Web of Conference. 2018. Vol. 193. DOI: 10.1051/mateconf/201819303024.
5. Van Lam Tang, Tho Vu Dinh, Dien Vu Kim, Boris Bulgakov, Olga Aleksandrova, Sophia Bazhenova. Combined Effect of Bottom Ash and Expanded Polystyrene on Light - Weight Concrete Properties. MATEC Web of Conference. 2018. Vol. 251. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201825101007>.
6. Chen B., Wu Z., Liu N. Experimental Research on Properties of High-Strength Foamed Concrete // Journal of Materials in Civil Engineering. 2012. Vol. 24(1). Pp. 113-118.
7. Zhao L., Liu G.Q., Li B., Li L. Functional Properties of Ultrasonically Treated Wheat Gluten // Advanced Materials Research. 2012. Vols. 463-464. Pp. 855-860.
8. Chánh N.V. Sử dụng bê tông nhẹ trong xây dựng nhà ở hướng tới sự phát triển đô thị bền vững // Trường Đại Học Bách Khoa TP.HCM. 2010. 9 p.
9. Special Concretes. Workability and Mixing / Edited by P.J.M. Bartos. – London: CRC Press. 1994. 288 p.
10. Vilches J., Ramezani M., Neitzert T. Experimental Investigation of the Fire Resistance of Ultra-lightweight Foam Concrete // International Journal of Advanced Engineering Applications. 2012. Vol. 1. Iss. 4. Pp. 15-22.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОТВАЛЬНОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ШЛАКА ДЛЯ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В БЕТОНАХ

Ю.Р. Кривобородов¹, Д.А. Лежебоков²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ukriv@rambler.ru

²6833083@gmail.com

Аннотация

В статье приведены результаты исследований химического и гранулометрического состава щебня из металлургического шлака, а также его качественных характеристик для применения в качестве заполнителя в бетонах. Установлена пригодность щебня из отвального шлака фр.5-20 мм производства АО «Тулачермет» на основании требований ГОСТ. Выявлено, что щебень из отвального металлургического шлака соответствует требованиям ГОСТ по содержанию оксидов магния, алюминия, железа, кальция, марганца, кремния, содержание сульфатной и сульфидной серы, а также обладает стойкостью против силикатного и железистого распада. Проведенная оценка гранулометрического состава щебня в соответствии с ГОСТ по содержанию фракций для крупного заполнителя показала пригодность его для применения в составе бетона.

ВВЕДЕНИЕ

Металлургические шлаки относятся техногенным отходам, требующих значительных территорий для размещения, а объемы их производства значительно превышают уровень утилизации. Присутствие в составе металлургических отвальных шлаков необходимых фаз, обеспечивающих гидравлическую активность, дает возможность рассматривать их в качестве компонента для производства строительных материалов [1].

Основным материалом в современном индустриальном строительстве является сборный железобетон, который позволяет резко повысить темпы строительства и вместе с тем отвечает самым взыскательным требованиям потребителей. Регулируя компоненты, состав и технологические параметры изготовления железобетона, можно придавать ему различные свойства в зависимости от проектных требований к работе конструкций в разных условиях эксплуатации.

Ускорение темпов производства, повышение степени заводской готовности изделий требуют решения нескольких задач, связанных с совершенствованием производства сборного бетона и железобетона [2]. К ним в первую очередь следует отнести снижение стоимости исходных материалов и общей стоимости изделий и конструкций, повышение долговечности строительных материалов и бетонов для всех частей зданий и сооружений.

Производство бетонов на заполнителях из доменных отвальных медленноохлажденных шлаков для изделий сборного железобетона может быть экономически целесообразно в местах расположения металлургических комбинатов.

Особенностью шлаковых заполнителей является присутствие в их составе соединений серы, вызывающих коррозию арматуры в бетоне [3, 4, 5]. По утверждению других авторов причиной коррозии являются неплотности прилегания бетона к арматуре или понижение его щелочности при связывании гидрата окиси кальция в цементном камне кремнекислотой доменного шлака [6, 7].

В настоящее время в соответствии с ГОСТ 5578- 2019 «Щебень и песок из шлаков черной и цветной металлургии для бетонов. Технические условия» ограничивается содержание до 3 % оксидов железа и марганца в щебне из доменных шлаков и до 1,5 % сульфидной серы.

При этом потери при прокаливании щебня из отвального шлака должны быть не более 7%, а потеря массы при определении стойкости против силикатного и железистого распада

не должна быть более 5% и 8% соответственно. Содержание сернистых и сернокислых соединений в пересчете на SO₃ не должно быть более 4,5 % по массе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе применялся щебень из отвального шлака фр.5-20 мм производства АО «Тулачермет» (рис.1). Определение основных свойств для применения щебня из доменного шлака в бетонах производилось в соответствии с ГОСТ 5578- 2019 «Щебень и песок из шлаков черной и цветной металлургии для бетонов. Технические условия», ГОСТ 8269.0 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний», ГОСТ 8269.1 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы химического анализа».



Рис. 1. Внешний вид щебня из отвального металлургического шлака

РЕЗУЛЬТАТЫ

В данном исследовании проведен химический анализ щебня из отвального шлака фр.5-20 мм производства АО «Тулачермет» на присутствие оксидов железа, кальция, марганца, магния, алюминия, кремния, содержание сульфатной и сульфидной серы, а также стойкость против силикатного и железистого распада, представленные в таблице 1 и 2.

Табл. 1. Химический состав щебня из отвального шлака фр.5-20 мм производства АО «Тулачермет»

Химический состав, %					
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
43,40	5,50	0,63	43,38	6,28	0,66

Табл. 2. Исследование стойкости щебня из отвального шлака фр.5-20 мм против силикатного и железистого распада

Показатель	Установлено испытаниями		
	фр. 5-10	фр. 10-20	фр. 5-20
Устойчивость структуры щебня против сульфидного и железистого распадов, %	0,01	0	0
Устойчивость структуры щебня против силикатного и известкового распадов, %	0,66	1,92	1,53

В таблице 3 приведен зерновой состав исследуемого щебня, который соответствует требованиям ГОСТ для применения в бетонах.

Табл. 3. Зерновой состав щебня из отвального шлака фр.5-20 мм производства АО «Тулачермет»

Диаметр контрольных отверстий сит, мм	d	0,5 (d+D)	D	1,25 D
5-20	99,4	46,8	5,1	0

Установлено, что исследуемый щебень имеет марку по дробимости M1000, дробимость 17,96, %, лещадность 4,1%, морозостойкость F200, содержание зерен пластинчатой и игловатой формы 4,1 %, насыпную плотность 1240 кг/м³. При этом удельная эффективная активность естественных радионуклидов в щебне из отвального шлака составила 271,9 Бк/кг, что соответствует требованиям ГОСТ.

ВЫВОДЫ

1. Показана возможность применения щебня из отвального шлака фр.5-20 мм производства АО «Тулачермет»;
2. Установлен химический состав щебня из отвального шлака фр.5-20 мм производства АО «Тулачермет»;
3. Определена удельная эффективная активность естественных радионуклидов в щебне из отвального шлака;
4. Установлено, что исследуемый щебень соответствует необходимой марке по дробимости, содержанию лещадность 4,1%, морозостойкость F200, содержание зерен пластинчатой и игловатой формы 4,1 %, насыпную плотность 1240 кг/м³.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. В. Волженский, И. А. Иванов, Б. Н. Виноградов. Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов / Москва : Стройиздат, 1984. - 255 с.
2. Волженский А.В. Комплексная переработка и использование металлургических шлаков в строительстве. Строительные материалы, 1986. № 5. С. 28.
3. Баженов Ю.М. Применение промышленных отходов в производстве строительных материалов. М. Стройиздат, 1986. 215 с.
4. Samchenko, S.V.; Larsen, O.A.; Kozlova, I.V.; Alpackiy, D.G.; Alobaidi, D.A.N. Concrete Modification for Hot Weather Using Crushed Dolomite Stone. Buildings 2023, 13, 2462. <https://doi.org/10.3390/buildings13102462>
5. Якуб И.А., Алексеев С.М. Коррозия арматуры в легких бетонах. М.: Стройиздат, 1971.
6. Самченко С.В., Абрамов М.А., Османов А.Б. Оценка изменения характеристик шлака при его активации в дезинтеграторной установке. В сборнике: Актуальные проблемы строительной отрасли и образования - 2022. Сборник докладов Третьей Национальной научной конференции. Москва, 2023. С. 133-137.
7. Лам Н.З.Т., Самченко С.В., Швецова В.А., Булгаков Б.И. Влияние комплексных добавок на прочность цементного камня в раннем возрасте. Промышленное и гражданское строительство. 2023. № 5. С. 52-59.

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ РАБОТ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

А.О. Хубаев

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
Alan_khubaev@mail.ru*

Аннотация

Предметом исследования в данной статье является процесс производства бетонных работ при отрицательных температурах окружающей среды. Устройство монолитных железобетонных конструкций при отрицательных температурах окружающей среды требует дополнительных мероприятий по сохранению тепла в теле бетона, поэтому сопровождается рядом проблем. Существует множество методов зимнего бетонирования, которые делятся на обогревные и безобогревные. В этой статье будет дан обзор способов выполнения бетонных работ при строительстве зданий и сооружений в зимний период. Будут приведены характеристики, преимущества и недостатки каждого метода. Кроме того, рассмотрены преимущества и недостатки применения технологии в целом. Будут описаны электрофизические свойства бетонных смесей, что в значительной степени влияет на выбор организационно-технологических решений при производстве бетона в зимний период.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с географическим положением и климатическими условиями России в настоящее время существует большой интерес к методам производства зимнего бетонирования различных зданий и конструкций. Большая часть её территории расположена в средней полосе, а зима длится 6-10 месяцев, поэтому выбор наилучшего способа строительства зданий и сооружений является важной задачей для ученых и застройщиков. [1-3]

При проведении бетонных работ в зимнее время необходимо создать условия для набора бетоном требуемой проектной прочности. Но, как показывает практика, после распалубки конструкции. В случае, если бетон замёрзнет до приобретения им минимально требуемой прочности, то после оттаивания недостижимым становится 100% набор марочной прочности. Это объясняется тем, что свежеложенная бетонная смесь содержит несвязанную в процессе гидратации портландцемента воду, которая в случае замерзания расширяется и разрывает связи между заполнителем и слабо затвердевшим цементным камнем. Кроме того, из-за раннего замораживания снижается величина сцепления бетона с арматурой. [4,5]

Исследованию вопросов зимнего бетонирования посвящено немало работ отечественных и зарубежных ученых. Наибольший вклад внесли Головнев С.Г., Миронов С.А., Красновский Б.М., Крылов Б.А., Киреенко И.А., Скрамтаев Б.Г., Копылов В.Д., Молодин В.В. и других. Необходимо отметить, что зарубежные исследования по данной тематике менее обширны. Приоритет отечественных ученых в разработке технологий зимнего бетонирования закреплен многочисленными публикациями и техническими решениями. [6-12]

Эта задача заключается в анализе организационно-технических решений и методов при производстве бетона в зимний период, возможности оптимизации этих решений, а также организационно-технических решений, которые дают прогнозный план оценки. [13,14]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Применяемые в современном строительстве методы производства работ в зимний период делят на две группы:

1. Безобогревные:

- метод термоса;
- применение бетонных смесей со специальными добавками.

2. Обогревные:

- электропрогрев;
- применение предварительно разогретых бетонных смесей;
- форсированный разогрев уложенного в опалубку бетона с повторным уплотнением в разогретом состоянии;
- обогрев в электромагнитном поле;
- обогрев бетона инфракрасными лучами;
- прогрев бетона проводами;
- контактный прогрев.

Применение любого метода реализуется в рамках организационно-технологического проектирования. Еще на стадии проектирования осуществляется выбор в пользу того или иного метода с указанием последовательности выполнения организационно-технологических и технических процессов производства бетонных работ в зимний период. [15,16] Основными документами, регламентирующими порядок выполнения организационно-технологических процессов, являются: проект организации строительства (ПОС), проект производства работ (ППР) и технологическая карта. Для их разработки используют: СП 48.13330.2011, МДС 12-81.2007, МДС 12-29.2006, СП 63.13330.2012. Исходя из проведенных исследований, можно видеть, что составление этих документов на сегодняшний день носит типичный характер и не учитывает особенности объектов, на которых в будущем будет осуществляться бетонирование зданий и сооружений. [17,18] В основном это связано с отсутствием четких организационно-технологических рекомендаций в нормативных документах по выбору конкретных методов производства работ, что зависит от учета нескольких факторов [19-22].

Большая работа была посвящена выбору организационных и технических решений и связанному с ними процессу производства бетона в зимний период [23-25]. Были изучены и предложены различные способы улучшения существующих методов защиты бетона от атмосферных воздействий в зимний период. Однако эти технологии охватывают только конкретные производственные процессы, и для повышения эффективности конечных показателей качества конструкций требуется комплексный подход.

Проведенное исследование позволит выбрать наиболее подходящие инструменты для систематизации всех организационно-технологических решений. Для того чтобы выполнить поставленную задачу и создать возможность оптимизации организационно-технологических решений для производства работ зимнего бетонирования, необходимо детально проанализировать и изучить каждый существующий метод и определить его преимущества и недостатки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Метод термоса

Данный метод подразумевает бетонирование предварительно разогретой (обычно используется подогретая вода) бетонной смесью до 25-35 °С. В дополнение теплу, введённому в бетон в процессе производства, тепло, выделяющееся в бетоне при гидратации цемента, используется для создания благоприятных температурных условий для бетона. Важно, чтобы к моменту окончания формирования монолитной бетонной конструкции была набрана критическая прочность — это минимальная прочность, при достижении которой заморозание бетона не окажет негативных воздействий на структуру бетона, а бетон в нормальных условиях будет набирать нормируемую прочность.

Этот метод очень эффективен при бетонировании массивных конструкций, находящихся в грунте.

Преимущества:

- отсутствует необходимость специального оборудования;
- экономичность;

Недостатки:

- малая эффективность при температурах наружного воздуха ниже —10...15 °С;
- невозможность использования для изделий сложной формы;
- небольшая площадь охлаждения.

Использование в приготовлении бетонного раствора смесей и добавок

Применение данного метода позволяет снизить температуру замерзания воды в бетонной смеси и ускорить твердение бетона. У бетона с противоморозными добавками становится меньше водоцементное соотношение, и этим обуславливается повышение прочности и морозостойкости. Однако очень важно подобрать оптимальное количество добавки: если примеси будет недостаточно - произойдет преждевременное замерзание, что приведет к разрушению конструкции, в то же время избыток модификатора повлечет за собой замедление твердения.

Преимущества:

- при отрицательных температурах — смесь замерзает;
- низкая стоимость материалов;
- низкие трудозатраты;
- отсутствие необходимости предусматривать на объекте дополнительное оборудование.

Недостатки:

- введение добавок вносит изменения в структуру бетона, что может отрицательно сказаться на качестве;
- бетон медленней достигает расчетной прочности;
- понижение коррозионной стойкости арматуры (для хлоридных добавок).

Электропрогрев

Электродный метод основан на том, что, заранее смонтированные в теле конструкции стальные электроды, после заполнения опалубки бетонной смесью, подключаются в сеть переменного тока. В результате, при прохождении тока через металлический проводник выделяется тепло, за счёт которого происходит прогрев бетонируемой конструкции. При этом прогрев осуществляется не только за счёт теплопроводности бетона, но и за счёт электропроводности воды и электролитов, входящих в его состав. Исходя из этого, возникает следующая проблема: цемент и часть воды затворения, требуемой для протекания химической реакции твердения портландцемента, взаимодействуют между собой, формируя прочную структуру бетона, при этом оставшаяся вода затворения, обеспечивающая заданную проектом подвижность бетонной смеси, испаряется, что приводит к увеличению удельного электрического сопротивления бетона. Иными словами, после того как химически несвязанная вода испарилась, происходит перегрев бетона и процесс дальнейшего набора прочности становится затруднительным.

Преимущества:

- высокий коэффициент использования электроэнергии;
- простота монтажа;
- возможность прогрева любых конструкций.

Недостатки:

- неравномерность воздействия на поверхность бетона;
- необходимость применения мощного источника питания;
- невозможность полностью обеспечить целостность возводимых конструкций.

Применение предварительно разогретых бетонных смесей

Использование предварительно разогретых электрическим током бетонных смесей во время зимнего бетонирования является экономичным методом обогрева, позволяющим расширить границы метода "термоса", который не подходит для многих конструкций. Суть его заключается в электрическом нагреве бетонной смеси в течение короткого промежутка времени перед укладкой, а затем поддержании ее без подогрева (при возведении конструкций при сильных морозах или с повышенным модулем поверхности применяется дополнительный обогрев). Применение предварительно разогретых электрическим током бетонных смесей способствует ускорению реакций гидратации и экзотермики цемента. Также ввиду уплотнения бетонной смеси в горячем состоянии устраняется остаточное тепловое расширение бетона, которое обычно возникает при других методах тепловой обработки конструкций, тем самым обеспечивается повышение качества бетона.

- Отсутствие теплового расширения, что обеспечивает повышение качества бетона.
- Возможность отказаться от подогрева до высоких температур заполнителей на заводе.
- Возможность не прогревать бетон в конструкциях, а выдерживать его по методу «термоса».

Форсированный разогрев уложенного в опалубку бетона с повторным уплотнением в разогретом состоянии

Применение данного метода позволяет разогревать бетон до 100 °С, при этом исключаются потери тепла при транспортировании. Способ отличается эффективностью по методу твердения и экономичностью по расходу электроэнергии.

Недостатки.

- возможность применять только в неармированных конструкциях;
- затрудняется прогрев массивных монолитных конструкций.

Обогрев в электромагнитном поле

Метод индукционного прогрева основан на магнитной индукции. Армирование железобетонной конструкции в таком случае служит сердечником, а кабель, уложенный петлями вокруг, действует как катушка с переменным током. Этот метод чаще всего применяют для длиномерных армированных конструкций с небольшой площадью поперечного сечения: колонн, свай и др.

Преимущества:

- экономичность;
- возможность достижения равномерного прогрева.

Недостатки:

- сложные расчеты;
- ограничение по размерам конструкций.

Обогрев бетона инфракрасными лучами

При использовании этого метода инфракрасные лучи поглощаются телом бетона и преобразуются в тепловую энергию, обеспечивая мгновенную теплопередачу без использования дополнительных теплоносителей. Кроме того, нагрев происходит за счет присущей конструкции теплопроводности.

Преимущества:

- относительно малые энергозатраты;
- не требуется дополнительное оборудование;
- высокий КПД.

Недостатки:

- небольшая площадь воздействия и глубина прогрева одного излучателя;
- необходимость большого пространства для размещения установок.

Прогрев бетона проводами

Обогрев бетона греющими проводами позволяет обеспечить передачу бетону энергии практически без потерь. Данный метод в последние годы стал весьма популярным благодаря экономичности и простоте применения. Для прогрева бетона используются специально выпускаемые для этой цели нагревательные провода. При таком способе тепло выделяется тонким линейным источником и передается с помощью теплопередачи, чем обуславливается трудность достижения требуемой равномерности температуры по объему монолита. Наиболее целесообразно применять этот способ для тонкостенных и густоармированных конструкций.

Недостатки:

- провод пригоден лишь для однократного применения;
- высокая трудоемкость укладки;
- возможность локального перегрева.

Контактный прогрев

Применяется оборудованная электронагревателями опалубка. Контактным способом производят интенсивный и эффективный обогрев конструкции с возможностью создавать оптимальные условия для набора прочности бетоном. За счет теплопроводности тепло распространяется от поверхностей по всей конструкции.

Преимущества:

- возможность достижения равномерного прогрева;
- простота монтажа;
- высокая эффективность при низких температурах;
- способ применим при бетонировании стыков и швов;
- возможность неоднократного использования.

Недостатки:

- средний КПД;
- высокая стоимость;
- применимость лишь к типовым элементам;
- необходимость в большом количестве термоштитов для поддержания высокого темпа строительства.

ВЫВОДЫ

В данной статье проведен обзор существующих методов зимнего бетонирования, для возможности оптимизации организационно-технологических решений. Каждый из методов обладает своими преимуществами и недостатками, и при детальном рассмотрении становится очевидно, что «универсального» метода не существует. Необходимо принимать во внимание особенности производства бетонирования на отдельных объектах: его объемы, сроки строительства, энергозатраты, климатические условия района строительства и др.

Нагрев бетона является эффективным методом и подходит только для больших зданий и сооружений, где могут использоваться мощные трансформаторы. На обычных строительных площадках электросеть недостаточно надежна и недостаточно мощная. Для частных застройщиков стоимость электроэнергии неоправданна.

С другой стороны, наиболее эффективным с точки зрения затрат энергии является метод термоса и метод бетонирования с использованием противоморозных смесей, но они имеют ограничения по температуре применения.

При этом общей проблемой любого из вышеперечисленных методов электропрогрева является процесс контроля и регулирования температуры прогрева железобетонной конструкции. Как показывает опыт зимнего бетонирования, слабым звеном в процессе ухода за бетоном является ненадлежащий контроль за параметрами прогрева конструкции. В связи с этим существует риск «пересушивания» бетона при слишком интенсивном прогреве, либо замораживания бетона при преждевременном отключении от питающей

сети. На сегодняшний день требования к контролю за соблюдением температурно-влажностных режимов выдерживания монолитных конструкций неоднозначны и необоснованны. В соответствии с СП 70.13330 «Несущие и ограждающие конструкции», число точек измерения температуры в бетонируемых конструкциях должно указываться в проекте производства работ. При этом требования более ранней редакции этого свода правил были практически невыполнимы. Так, имеются требования, при которых один температурный датчик должен устанавливаться на 4 м² перекрытия. Тогда при бетонировании перекрытия в 400 м требуется установка 100 термодатчиков. В современных условиях соблюдение данных требований приведёт к огромным затратам рабочего персонала и увеличению бумажной работы, связанной с заполнением контрольного журнала. Кроме того, покупка большого количества термодатчиков повышает затраты на строительство.

Проведенный анализ позволит в дальнейшем разработать механизмы оптимизации организационно-технологических решений, а с учетом некоторых индивидуальных факторов будет выбрано наиболее выгодное из них при производстве бетонирования в зимний период. Рекомендуется использовать потенциал организационно-технологических решений в качестве инструмента для комплексной оценки возможностей объекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хубаев, А. О. Совершенствование производственного процесса зимнего бетонирования на основе потенциала организационно-технических решений : специальность 05.02.22 "Организация производства (по отраслям)" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Хубаев Алан Олегович, 2022. – 178 с.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019661940 Российская Федерация. Расчет потенциала производства зимнего бетонирования при перепрофилировании промышленных объектов : № 2019660544 : заявл. 16.08.2019 : опубл. 12.09.2019 / Д. В. Топчий, А. А. Лapidus, А. О. Хубаев. – EDN QTCSGF.
3. Хубаев, А. О. Организационно-технологические решения, влияющие на конечный потенциал производства бетонных работ в зимний период / А. О. Хубаев // Перспективы науки. – 2018. – № 4(103). – С. 57-61. – EDN OVIRNB.
4. Хубаев, А. О. Описание эксперимента при расчете потенциала производства зимнего бетонирования / А. О. Хубаев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 2. – С. 247-252. – EDN TONUDR.
5. Khubaev, A. O. Determination of the effectiveness of the production process of winter concreting based on field studies / A. O. Khubaev // E3S Web of Conferences : Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region" (UESF-2023), Chelyabinsk, 25–28 апреля 2023 года. Vol. 389. – Chelyabinsk: EDP Sciences, 2023. – P. 06012. – DOI 10.1051/e3sconf/202338906012. – EDN AYFAOM.
6. Копылов В.Д. Устройство монолитных бетонных конструкций при отрицательных температурах среды: монография. — М.: Изд-во АСВ, 2014. — 180 с.
7. Головнев С.Г. Технологии зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов // изд-во ЮУрГУ. 1999. С. 148.
8. Головнев С. Г. Зимнее бетонирование: Этапы становления и развития /Головнев С. Г.// Вестник Волгоградского Государственного Архитектурно-Строительного Университета. – 2013. – С.529-534.
9. Миронов С.А. Теория и методы зимнего бетонирования //М.:Стройиздат.1975. – С.404.
10. Красновский, Б. М. Инженерно-физические основы методов зимнего бетонирования / Б. М. Красновский ; Б. М. Красновский; Гос. акад. проф. переподгот. и повышения квалификации руководящих работников и специалистов инвестиц. сферы М-ва образования и науки РФ (ГАСИС-Москва). – Москва : Изд-во ГАСИС, 2004. – 467 с. – (Серия "Избранные монографии ученых ГАСИС"). – ISBN 5-9504-0009-7. – EDN QNKRF.
11. Молодин, В. В. Бетонирование монолитных строительных конструкций в зимних условиях : монография / В. В. Молодин, Ю. В. Лунев ; науч. ред. Ю. А. Попов ; Федеральное агентство по образованию Российской Федерации, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2006. – 300 с. – ISBN 5-7795-0323-0. – EDN QNMTLT.
12. Lapidus, A. Regression analysis of the calculation of the organizational and technological potential for the production of cold weather concreting / A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 23, Construction - The Formation of Living Environment, 55 Giai Phong Road, Hanoi, 23–26 сентября 2020 года. – 55 Giai Phong Road, Hanoi, 2020. – P. 072033. – DOI 10.1088/1757-899X/869/7/072033. – EDN XNEVRM

13. Бидов, Т. Х. Систематизация производственно-технической документации при возведении монолитных конструкций жилых зданий в зимний период / Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 2. – С. 466-471. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-2-466-471. – EDN VWFUFJ.
14. Лapidус, А. А. повышение эффективности производства зимнего бетонирования посредством применения программного обеспечения "potencial-cwc" / А. А. Лapidус, А. О. Хубаев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 18-26. – EDN PKSAQG.
15. Хубаев, А. О. Системный анализ методов зимнего бетонирования при возведении монолитных жилых зданий и сооружений / А. О. Хубаев, Р. А. Байчоров, А. А. Урусов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 7. – С. 309-314. – EDN ZGVVPJ.
16. Лapidус, А. А. Комплексный показатель качества организационно-технологических решений при возведении конструктивных элементов железобетонных зданий / А. А. Лapidус, В. А. Мура // Строительное производство. – 2020. – № 2. – С. 3-9. – DOI 10.54950/26585340_2020_2_3. – EDN QMAVHQ.
17. Кайтуков, З. Ф. Повышение качества мелкозернистого бетона / З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев // Научное обозрение. – 2017. – № 15. – С. 39-43. – EDN ZKALFD.
18. Zholtikov, A. Improving the efficiency of applying the method of slab and floor lifting / A. Zholtikov, A. Zinovkin, A. O. Khubaev // E3S Web of Conferences : Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region" (UESF-2023), Chelyabinsk, 25–28 апреля 2023 года. Vol. 389. – Chelyabinsk: EDP Sciences, 2023. – P. 01067. – DOI 10.1051/e3sconf/202338901067. – EDN HHZKAN.
19. Lapidus, A. Development software for the non-destructive control of monolithic structures in housing construction / A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – Chelyabinsk, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809003. – EDN BZPTIW.
20. Хубаев, А. О. Использование нанотехнологий при изготовлении бетона / А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов // Строительство - формирование среды жизнедеятельности : Электронный ресурс: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 26–28 апреля 2017 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017. – С. 902-904. – EDN YZAAWN.
21. Бидов, Т. Х. Организационно-техническое моделирование комплексной системы производства бетонных работ в зимний период при возведении жилых зданий / Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, А. А. Шабанова // Construction and Geotechnics. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 15-25. – DOI 10.15593/2224-9826/2021.2.02. – EDN RUNKQJ.
22. Khubaev, A. Analysis of physical and mechanical properties of vacuum treated claydite-concrete / A. Khubaev, T. Bidov, A. Rybakova // MATEC Web of Conferences, Rostov-on-Don, 17–21 сентября 2018 года. Vol. 196. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2018. – P. 04071. – DOI 10.1051/matecconf/201819604071. – EDN VBIYIQ.
23. Fatullaev, R. S. The Method of Mutual Use of the Labour Intensity of Finishing Works of Different Countries / R. S. Fatullaev, T. Kh. Bidov // Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles : Conference proceedings, St.Petersburg, 08–10 февраля 2022 года. Vol. 510-2. – Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2023. – P. 1231-1239. – DOI 10.1007/978-3-031-11051-1_125. – EDN ANLYEG.
24. Мотылев, Р. В. Производственные факторы, влияющие на процесс возведения монолитных конструкций в зимний период в скоростном режиме / Р. В. Мотылев, А. Ю. Кагазежев // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 12(84). – С. 636-645. – EDN EEWAS.
25. Efimov, V. Technological processes of reusing crushed concrete in the demolition of buildings in construction / V. Efimov, D. Pogodin, M. Fakhratov // E3S Web of Conferences : 2018 International Science Conference on Business Technologies for Sustainable Urban Development, SPbWOSCE 2018, St. Petersburg, 10–12 декабря 2018 года. Vol. 110. – St. Petersburg: EDP Sciences, 2019. – P. 01038. – DOI 10.1051/e3sconf/201911001038. – EDN IQIBVP.

ВОЗМОЖНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОВШОВОГО ШЛАКА В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

С.В. Самченко, Д.С. Мошковский

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

Аннотация

В работе описаны основные источники образования отходов сталеплавильного производства, определен химический и минералогический состав металлургического ковшевого шлака в зависимости от способа охлаждения шлака. Сделан вывод о целесообразности использования металлургического ковшевого шлака, в качестве алюминатного компонента в составах сухих строительных смесей для наливных полов. Предложенный к исследованию отход сталеплавильного производства, изучение оптимальных параметров его усреднения, измельчения и оптимизация вида и количества сульфатного компонента обеспечит замену дорогих ввозимых в нашу страну материалов, приведет к уменьшению себестоимости сухих строительных смесей и в конечном счете уменьшит нагрузку на окружающую среду.

ВВЕДЕНИЕ

В составах сухих строительных смесей для наливных полов традиционно используют цементные композиции, при гидратации которых образуются большое количество гидросульфоалюминатов кальция, далее (ГСАК) – этот гидрат быстро увеличивается в объеме, что обеспечивает максимальную сегментационную устойчивость наливной смеси и безусадочные свойства затвердевшего раствора напольных покрытий [1]. В качестве алюминатного компонента в составах наливных полов, как правило используется глиноземистый цемент, в качестве гипса - полуводный гипс [2]. Основные поставщики и производители глиноземистого цемента и сульфоалюминатного цемента являются компании, приведенные в таблице 1.

Табл. 1. Поставщики и производители специальных цементов

Тип цемента	Название	Страна
Глиноземистый цемент	RFR 410	Турция
	SRB 410	Франция
	SRB 710	Франция
	ГВ 30-70	Россия (АО «Подольск-Цемент»)
	ГЦ-60	Россия (ПМЦЗ)
Сульфоалюминатный цементы	САБВ 30-1	Россия (АО «Подольск-Цемент»)
	ГГРЦ	Россия (ПМЦЗ)
	ALI PRE GREEN	Италия (ITALCEMENTI)
	ALI CEM GREEN	Италия (ITALCEMENTI)

В работе предлагается заменить глиноземистый цемент на отход сталеплавильного производства, который в своем составе содержит большое количество алюминатов кальция.

Проведённые ранее исследования [3], установили, что шлаки черной металлургии не обладают заметной гидравлической активностью и поэтому при производстве цемента и в качестве вяжущего практически не используются. Однако, с появлением электродуговых печей и установок внепечной обработки стали с электроподогревом жидкой стали с последующим технологическими переделами и их комплексами:

- вакуумированием,
- продувкой инертными газами или порошкообразными материалами,
- обработка стали синтетическим шлаком в ковше,
- введение реагентов в глубь металла, а также с появлением широкой возможности автоматизации электропечей и установок внепечной металлургии, производство сталей получает новый виток и выходит на более качественный уровень. С внедрением внепечной обработки стали эффективность процесса получения жидкой стали возросла, а сталеплавильный агрегат превратился в устройство для получения полупродукта (расплава).

Некоторые виды металлургических шлаков внепечной обработки содержат в своем составе гидравлически активные соединения, способные в тонкоизмельченном состоянии вступать в реакции гидратации, и могут выступать в составе цементных композиций в роли вяжущего материала [4-5].

Наибольший процент от количества образующихся шлаков черной металлургии за последние десятилетия являются залежи электропечного шлака, а также залежи ковшевого шлака или шлака запечной обработки, агрегата «печь-ковш» (далее шлак - СКШ). Представленные места хранения шлаков занимают достаточно обширные земельные площади, что негативно сказывается на экологической обстановке, так и на экономике металлургических предприятий, вынуждая их вести дополнительные расходы. Переработка данных шлаков положительно скажется как на экологической обстановке, так и на экономике предприятий. В свою очередь, комплексная и безотходная переработка, позволяющая из шлаков получить ценные товарные продукты также является и эффективным способом утилизации, и способом получить продукты, необходимые либо в металлургии, либо в других отраслях промышленности

Производство высококачественных низкоуглеродистых сталей осуществляется путем рафинирования, при котором расплавленный металл обрабатывается в специальном агрегате – дуговой печи-ковше – легирующими компонентами, включающими в основном CaO и Al₂O₃, в атмосфере аргона при 1600 – 1670 °С. Образующийся в результате процесса рафинирования ковшовый шлак состоит преимущественно из оксидов CaO, MgO, Al₂O₃, SiO₂ и Fe₂O₃. Скорость охлаждения ковшевого шлака невелика, поэтому он присутствует в основном в кристаллическом состоянии [5-7].

При кристаллизации ковшевого шлака возможно образование минералов – силикатов и алюминатов кальция, способных вступать в реакции гидратации. Использование таких шлаков в качестве – в качестве алюминатной составляющей цементной композиции для наливных полов.

Так как, одна из наиболее интенсивно развивающихся отраслей промышленности в РФ – металлургическая. Ее развитие предопределяет образование огромного количества промышленных отходов – шлаков [7]. Их выход составляет 10–40 % от произведенного металла. Поэтому работы направленные на изучение использования промышленных отходов, с целью замена дорогих ввозимых в нашу страну материалов на альтернативные, более дешевые, использованием вторичных продуктов промышленности – являются актуальными.

Целью настоящей работы являлось предварительное изучение возможности использования отвалных ковшевых шлаков Выксунского металлургического завода (Нижегородская область), входящего в состав АО «Объединенная металлургическая компания», в качестве алюминатного компонента в составах сухих строительных смесей для наливных полов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе были использованы образцы ковшового шлака усредненного состава и модельные составы композиционных вяжущих, различающихся количеством сульфатного компонента.

Усреднение сталеплавильного ковшевого шлака проводилось по ГОСТ 30515.

Химический состав шлаков определялся на рентгеноспектральном анализаторе Tiger S8. Минералогический состав шлаков исследовался с помощью рентгеновского дифрактометра Phaser D 2, расчет содержания минералов производился с использованием метода Ритвельда.

Помол проб шлаков осуществлялся в лабораторной шаровой мельнице. Определение реологических свойств модельных составов с добавками СКШ производилось в соответствии ГОСТ 31358-2019.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Минералогический состав усредненной пробы шлака и модельных составов, представлен в таблице 3.

Табл. 3 Минералогический состав проб шлаков.

Минерал	Содержание полуводного гипса, масс. %, в смеси			Усредненная проба ковшевого шлака
	5	10	15	
Трехкальциевый алюминат ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$)	27,43	24,82	23,94	30,24
Белит, β -модификация (β' - $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$)	18,41	20,57	18,82	25,17
Периклаз (MgO)	19,05	15,82	16,74	13,95
Белит, α -модификация (α' - $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$)	0,69	1,27	4,75	2,39
Кальцит (CaCO_3)	2,84	4,94	5,40	0,59
Доломит ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)	0,00	4,66	5,01	0,54
Геленит ($2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$)	0,37	1,42	1,51	3,41
Гематит (Fe_2O_3)	0,09	0,51	0,41	1,32
Майенит ($12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$)	17,63	17,60	15,63	17,56
Белит, γ -модификация (γ' - $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$)	13,49	8,38	7,77	4,83

Оптимизация минеральной части по количеству сульфата на первом этапе эксперимента проводили на трех модельных составах с дозировкой полуводного гипса в количестве 5, 10, 50% соответственно. Критерием для оптимизации минеральной части смеси являлось – «время начала и конца схватывание» растворной смеси. Химический состав полуводного гипса приведен в таблице 4.

Табл. 4. Химический состав полуводного гипса

Оксиды, мас.%				
Al_2O_3	CaO	SiO_2	Fe_2O_3	п.п.п.
-	31,95	45,52	-	21,70

Исследование влияния СКШ на реологические свойства растворной смеси для наливных полов проводилось на базовом составе, которых составлял %: портландцемент - 35, алюминатный цемент - 10, полуводный гипс - 5, кварцевый песок - 30, наполнитель - 20, редиспергируемый полимер - 1,5, эфир целлюлозы - 0,02, пеногаситель - 0,1, суперпластификатор - 0,5, ускоритель твердения - 0-0,7, замедлитель схватывания (винная кислота) - 0-0,3. В базовом составе был заменен алюминатный цемент и полуводный гипс на три модельных состава из таблицы 3.

За критерий оптимизации базового состава с учетом замены исходных компонентов на модельный состав принята подвижность растворной смеси, определяемая по расплыву кольца в соответствии с ГОСТ 31358 2019. Марка по подвижности базового состава Р_{к6}, что соответствует расплыву кольца от 26 до 30 см. включительно (ГОСТ 31358-2019 п. 4.6). Основные показатели растворной смеси приведены в таблице 5.

Табл. 5. Основные показатели растворных смесей

Наименование показателя	Значение показателя для наливных полов		
	Состав 1 (СКШ-5)	Состав 2 (СКШ-10)	Состав 3 (СКШ-15)
Водотвердое отношение	0,17	0,17	0,17
Расплыв кольца*, см	29	29	29
Расслоение	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Скоки схватывания, мин:			
начало	60	50	35
конец	80	65	45
ГОСТ 31358-2019 п.4.6.2 Время начала схватывания растворных напольных смесей должно соответствовать заявленному производителем значению. Оптимальным принято производителями ССС составляет – начало схватывания не ранее 60 мин, конец схватывания через 20-30 минут от начала схватывания.			

ВЫВОДЫ

Как видно из полученных результатов, в составе СКШ присутствует большое количество гидравлически активных фаз. Алюминаты кальция представлены трехкальциевым алюминатом $3\text{CaO}\times\text{Al}_2\text{O}_3$ и майенитом $12\text{CaO}\times7\text{Al}_2\text{O}_3$, силикаты кальция – двухкальциевым силикатом $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ α -, β - и γ - модификации. Суммарное содержание алюминатов кальция в шлаке составляет более 50 масс.% при содержании активных модификаций двухкальциевого силиката около 40 масс.%, что в сумме составляет почти 90 масс.%. Такой состав должен обеспечить шлакам высокую гидравлическую активность в вяжущих композициях, с высокими требованиями к сегментационной устойчивости. Все три модельные составы композиционных вяжущих соответствуют требованиям стандартов. Полученные результаты позволяют судить о перспективности использования сталеплавильного ковшового шлака, в качестве алюминатной составляющей цементной композиции для наливных полов.

Дальнейшие исследования в данном направлении должны быть направлены на изучение свойств затвердевших растворов, исследование долговечности, морозостойкости и коррозионной стойкости растворов на основе сухих строительных смесей, содержащих в своем СКШ в качестве алюминатного компонента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнеев В.И., Зозуля П.В. Сухие строительные смеси, М. РИФ, Стройматериалы, 2010 - 320 стр.
2. Сухие строительные смеси для гидроизоляции бетонных конструкций/ С.В. Мошковская, С.П. Сивков, В.В. Лотарев - Техника и технология силикатов. Международный журнал по вяжущим, керамике, стеклу

- и эмалям. М. – 2008. – т. 15. -№1. – с. 26-31.
3. О. Ю. Шешуков, Д. К. Егиазарьян, Д. А. Лобанов. Безотходная переработка ковшевого и электропечного шлака // Научно-технический и научно-производственный журнал «Известия высших учебных заведений. Черная Металлургия». 2023. Вып. 3. Режим доступа: <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2021-3-192-199>. Дата обращения: 11.12.2023
 4. Сивков С.П. Использование металлургических шлаков в качестве минеральной добавки при производстве цементов
 5. Дуговая ковшовая печь. – [Электронный ресурс]: <https://metallolome.ru/dugovaya-kovshovaya-pec-kovsh-resch/>(дата обращения 01.02.2022 г.).
 6. Свенчанский А.Д., Смелянский М. Я. Ч. 2. Дуговые печи. Учебное пособие для вузов, - М.: Энергия, 1970. 264 с.
 7. П.А. Гамов, С.В. Зырянов, С.П. Салихов. Производство стали в дуговых сталеплавильных печах: Решение практических задач // Учебное пособие, Челябинск. 2018

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БЫСТРОГО ВОЗВЕДЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

М.О. Шамрук¹, Р.Р. Казарян²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹shamruk2000@mail.ru

Аннотация

В статье рассматриваются некоторые технологии и материалы, используемые в строительстве. Приведены примеры быстрого возведения зданий и свойства современных строительных материалов. В зависимости от градостроительных, природных, организационно-технологических условий строительства (в том числе специфика трудовой деятельности и быта населения) применяются жилые дома с разной этажностью, планировочной и объемно-пространственной структурой, характером связей с окружающей средой. В настоящее время, учеными и инженерами стоит задача разработки новых материалов и технологий в гражданском и промышленном строительстве, обеспечивающие быстрый, экономичный и экологический процесс строительства. В работе проанализированы некоторые преимущества новых технологий строительных процессов в сравнении возведения объектов из керамического кирпича, обеспечивающие сокращение продолжительности строительства, высокую рентабельность производства и энергоэффективность.

Ключевые слова: Технологии строительных процессов, энергосбережение, рентабельность, энергоэффективность.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наблюдается увеличение численности населения вместе с исчерпывающими природными ресурсами. Поэтому перед учеными и инженерами стоит задача разрабатывать новые материалы и технологии в гражданском и промышленном строительстве, обеспечивающие быстрый, экономический и экологический процесс строительства. Проблема экономичности заключается не только в экономном возведении, но и в экономной эксплуатации дома, то есть в энергоэффективности [1, 2].

Целью данной статьи является анализ новейших эффективных технологий и материалов в строительстве, их свойств, функциональных характеристик, а также целесообразность использования в современном строительном производстве.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Использованы общенаучные методы, такие как анализ, систематизация, обобщение, сравнение. Эмпирической базой для проведения научной работы стал дистанционный анализ объектов: научных публикаций и статей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В РФ за последние годы использование кирпича при строительстве индивидуальных жилых домов значительно снизилось. Проектанты и строители начали использовать новые строительные материалы и технологии, позволяющие строить гораздо быстрее с меньшими экономическими затратами [2]. Одной из таких технологий является строительство с несъемной опалубкой.

Для строительства объекта по указанной технологии площадью в 50 м² требуется примерно 45 дней. Стены дома средней величины можно построить за 5-7 дней. Основой такой технологии являются две пластины пенополистирола, соединенные между собой.

Блоки имеют особые замки сложной формы.



Рис. 1. Технология строительства с постоянной опалубкой

Несмотря на то, что пенополистирольные блоки имеют достаточно большой размер, их вес очень мал. Благодаря этому, процесс строительства стен достаточно прост даже для начинающих строителей.

Важное преимущество таких блоков – возможность выбора различных конфигураций стен. На заводах, занимающихся изготовлением строительных материалов, можно заказать нестандартные элементы, позволяющие построить здание по уникальному проекту [3]. Гладкая поверхность стен, возводимых таким методом, пригодна для отделки любыми материалами.

В доме, построенном по технологии с несъемной опалубкой, на отопление нужно втрое меньше тепловых затрат, чем на дом из кирпича, а конструкция стен имеет гораздо лучшую звукоизоляцию [4].

Каркасную технологию возведения Genesis можно использовать для строительства не только для индивидуальных жилых домов, но и для коттеджей, торговых центров, розничных магазинов, гаражей, офисов и других сооружений до 4-х этажей. Дом, построенный по этой технологии, не нуждается в высоких расходах тепла, а также при строительстве не требуется устраивать фундамент глубокой заделки.

Срок возведения стен дома площадью 50 м² – примерно 10 дней. От 15 дней нужно для фасадных и внутридомовых работ, и примерно через 40 дней объект готов к эксплуатации.

Основа дома – прочный каркас из оцинкованного металла, который предварительно изготавливают в заводских условиях. Таковой каркас не деформируется от перепада температур и атмосферных явлений. Параллельно производству каркаса идет подготовка фундамента для дома.

Готовый каркас на месте постройки монтируется от одного до нескольких дней. Следующим шагом является обшивка готовыми модулями – кровельными панелями, стеновыми, перекрытиями. Наполнителем каркаса чаще всего используют минераловатный утеплитель. Преимуществами такой технологии являются высокое качество и надежность, а также длительный срок эксплуатации домов, низкое количество потерь тепла, экономичность, а также комфортная и безопасная бытовая среда.

Одним из значительных недостатков здания, построенного по этой технологии, является низкая звукоизоляция, причиной которой является металлический оцинкованный каркас [3].

Строительство дома из грунта – не новая технология. С изобретением нового ручного электрифицированного инструмента для уплотнения грунтовых масс и других смесей, эта технология стала вновь актуальной и популярной в некоторых странах. Благодаря инструменту можно изготавливать множество деталей сразу на месте возведения. Срок постройки дома по этой технологии площадью 50 м² занимает около 30 дней.

Преимуществами этого метода строительства из почвы являются экономичность и экологичность. Если дом строится без подвала, то грунта, извлеченного для устройства фундамента, хватит для постройки стен одноэтажного дома. Еще одно преимущество – экономия на отоплении, поскольку, по сравнению с кирпичным домом, для поддержания комнатной температуры требуется гораздо меньше энергии. К тому же такие дома обладают высокой огнестойкостью.

Добавление небольшого количества различных добавок в грунт позволит обеспечить устойчивость и прочность строительным блокам. Примером надежности такого дома является Приоратский дворец (рис. 2), стены которого возведены из утрамбованной почвы в 1798 году.



Рис.2. Приоратский дворец

Одним недостатком такой технологии является то, что после дождя на поверхности дома выступают соли, содержащиеся в почве. Как результат – постоянно заметны соляные потоки [4].

Технология возведения «ЭкоКуб» сочетает в себе идею строительства каркасных домов с технологией возведения из соломенных блоков.

Прямоугольные соломенные тюки, производящие пресс-подборщики, повторно проходят прессование для еще большей жесткости. Далее каждый соломенный тюк обрамляется в небольшой каркас. Боковые стенки штукатурят и окрашивают.

Разработчики утверждают, что технология строительства достаточно проста, что дает возможность построить дом даже без особых навыков в строительстве.

Время на строительство такого дома площадью 50 м² достигает примерно 30 дней [4].

В табл. 1 приведена сравнительная характеристика новейших технологий строительства домов.

Табл. 1. Сравнительная характеристика технологий возведения домов

Название технологии	Срок строительства площадью 50 м ² , дни	Преимущества	Недостатки
Строительство с несъемной опалубкой	45	энергоэффективность, высокая звукоизоляция, надежность	возможность появления пустот в бетоне
Технология Genesis	40	энергоэффективность, надежность, экономичность	плохая звукоизоляция металла
Строительство из грунта	30	энергоэффективность, надежность, экономичность, термостойкость	появление на внешних стенах солевых потоков
«ЭкоКуб»	30	энергоэффективность, экономичность, экологичность	высокая возможность появления грызунов и других вредителей

Наряду с разработкой технологий, ученые разрабатывают множество эффективных материалов для строительства.

Керамоблок имеет микропористую структуру с ребристой боковой поверхностью. Такие блоки имеют разные размеры, но по высоте они кратны кирпичной кладке, поэтому их удобно использовать.

Для производства керамоблока употребляется только природный материал. Компоненты, из которых производят керамоблоки, такие же, как и в обычном кирпиче, но благодаря добавлению древесной стружки появилась пористость, которая сделала его «теплым».

Преимущества керамических блоков – это долговечность, экологичность, энергоэффективность, прочность, огнеупорность, морозостойкость, высокие звукоизоляционные свойства, способность стабилизировать влажность в помещении, небольшой вес и удобные размеры.

Ученые из Университета Западной Англии (UWE) в Бристоле разрабатывают старт-кирпичи, которые будут использоваться в качестве микроорганизмов, чтобы перерабатывать сточные воды, производить электроэнергию и выделять кислород.

Микробные топливные элементы, которые будут встроены в кирпич, чтобы дать им «умные» функции, в процессе прошлых исследований показали свою эффективность. К примеру, они могут быть использованы для получения электричества из многих отходов или просто из пыли и мусора.

В зависимости от того, как они запрограммированы такие стены смогут перерабатывать загрязненную воду, углекислый газ, солнечный свет, водоросли, бактерии и питательные вещества, и, в свою очередь, производить чистую воду, кислород, свет, тепло, биоразлагаемые моющие средства.

С развитием бытовой электронной техники и других внутридомовых технологий возникает необходимость энергосбережения и развития альтернативных источников энергии

Ученые Университета Альберты создали солнечные элементы в виде спрея с наночастицами цинка и фосфора. Эти солнечные батареи так малы и гибки, что их можно наносить на поверхность как спрей-краску.

Если каждый домовладелец распишет свою крышу такой солнечной краской, то сможет производить более чем достаточно энергии для дома, уменьшив таким образом зависимость от ископаемого топлива. Кроме того, солнечная краска дешевле в производстве, чем традиционные солнечные батареи. Используемые в этой краске солнечные батареи пока не очень эффективны, но ученые работают над этой проблемой [5].

Датский конструктор Lego подарил свой принцип производителям стройматериалов. Американская компания Kite Bricks выпускает строительные кирпичи с ручками сверху. Они соединяются по принципу конструктора. Умные кирпичи удерживаются на месте с помощью арматуры и бывают разных форм. Вместо использования цемента такие кирпичи скрепляются вместе сильным двусторонним адгезивом. Изнутри строения к кирпичам можно прикрепить съемные сменные панели. Эти панели можно убрать при необходимости. Есть также кубические формы для построения полов и потолков. В центре блоки пустые, их можно заполнить по необходимости изоляцией, трубами и электропроводкой. Такие кирпичи могут привести к лучшему контролю тепла, гибкости в производстве и снижению стоимости производства на 50% [5].

ВЫВОДЫ

Развитие современных технологий возведения жилых домов, поэтапно формируют преимущества новых методов строительных процессов по сравнению возведения объектов из керамического кирпича, обеспечивающие сокращение продолжительности строительства, высокую рентабельность производства и энергоэффективность. Разработка новых материалов и технологий в гражданском и промышленном строительстве, обеспечат комфорт и безопасность потребителей продукции строительного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Игнатъев, В. Н. Перспективы энергосбережения и энергоменеджмента в России / Игнатъев В. Н. // Энергосбережение. - 2019. - № 3. - С. 60-65. URL: https://abok.ru/for_spec/articles.php?nid=7210
2. Васильев, Г. П. Повышение энергетической эффективности многоквартирных домов. Проблемы и приоритетные задачи // Энергосбережение. - 2016. - № 5. - С. 4-9. URL: https://abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6449
3. Власенко, Г. П. Оценка эффективности использования многокритериального алгоритма для формирования перечня энерго- и ресурсосберегающих мероприятий в зданиях / Г. П. Власенко, А. З. Халилуллина // Энергосвет. - 2019. - № 3 (53). - 2018. - С. 32-39. URL: http://www.energosoвет.ru/bul_stat.php?idd=721
4. Влияние социальных факторов на требуемый уровень тепловой защиты наружных стен жилых зданий / А. И. Ананьев, А. Г. Рымаров, Е. В. Войтович [и др.] // Вестник МГСУ. - 2017. - Т. 12. Вып. 7 (106). - С. 741-746.
5. Левинзон, С. В. Энергоресурсы: прогнозы и реальность: моногр. / С. В. Левинзон. - Москва: Академия Естественных наук, 2018. - URL: <https://monographies.ru/ru/book/view?id=778> Литвинцев Д.Б. — Эволюция строительства многоквартирных домов в зеркале социологии // Урбанистика. – 2020. – № 2. – С. 88 - 99
6. Леонова, А. Н. Методы повышения энергоэффективности зданий при реконструкции / А. Н. Леонова, М. В. Курочка // Вестник МГСУ. - 2018. - № 13. Вып. 7 (118). - С. 805-813.
7. Фадеева, Г. Д. Повышение энергетической эффективности жилого фонда за счёт малозатратных технологий (на примере г. Пензы) / Г. Д. Фадеева // Молодой ученый. - 2013. - № 6 (53). - С. 156-158. URL: <https://moluch.ru/archive/53/7102>
8. Фриев, А. М. Исследование методов повышения энергоэффективности жилых зданий / А. М. Фриев, Д. А. Погодин // Вестник Евразийской науки. - 2019. - Т. 11, № 5. URL: <https://esj.today/PDF/61SAVN519.pdf>

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА РЕЛАКСАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СТЕКЛОПЛАСТИКА

С.В. Шашкин¹, Т.А. Мацевич²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹Общество с ограниченной ответственностью «Новые Трубные Технологии»,

¹forbic@list.ru

²matseevichta@mgsu.ru

Аннотация

Исследованы композиты на основе стеклопластиков и их реакция на температурное воздействие. Структура образцов представляет собой трехслойную полимерно-композиционную оболочку, состоящую из полимерной матрицы, непрерывных стеклянных волокон, рубленых стеклянных волокон, кварцевого песка. Образцы изготовлены по технологии ООО «НТТ» и ТУ 22.21.21-004-99675234-2019. Испытания проведены на универсальной разрывной машине Zwick/Roell Z250, оборудованной термокамерой. В рамках испытаний проведены эксперименты при комнатной температуре и при температуре 70°C. Результаты экспериментов обработаны с помощью авторской компьютерной программы, позволяющей аппроксимировать полученные экспериментальные данные с помощью уравнения Больцмана-Вольтерры. Полученные данные свидетельствуют о том, что ядро релаксации $T_1(\tau)$, предложенное ранее Аскадским А.А. [1-3], при подстановке в уравнение Больцмана-Вольтерры, лучше всего описывает процесс релаксации напряжения. В результате проведенных экспериментов было показано, что напряжения практически не изменились при повышении температуры до 70°C, что свидетельствует о возможности использования стеклопластика, изготовленного по технологии ООО «НТТ», в условиях повышенного тепловыделения на длительное время эксплуатации.

ВВЕДЕНИЕ

Композиционные материалы на основе стеклопластиков широко применяются в различных областях производства. Так, например, в строительстве из композиционных материалов на основе стеклопластиков изготавливают арматуру, отделочные и облицовочные материалы, трубы и емкости. Такое широкое применение стеклопластиков обусловлено небольшим удельным весом таких материалов, высоким показателем удельной прочности, стойкости к бактериальному воздействию, химической инертности к коррозии и агрессивным средам, отличным диэлектрическим свойствам, а также низкой теплопроводностью. Наполнителем в составе стеклопластиковых материалов служат стеклянные волокна, для изготовления которых используют вторичное сырье (битое оконное стекло; забракованные изделия, создаваемые на производствах). Отходы стекла поддаются 100%-ной вторичной переработке, что доказывает приоритетность переработки стекла для экономии первичного сырья и поддержания экологической чистоты окружающей среды. Актуальной задачей при исследовании таких материалов является прогноз механических свойств на длительное время эксплуатации при различных температурных воздействиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов экспериментального исследования был выбран стеклопластик, структура которого представляет собой трехслойную полимерно-композиционную оболочку, состоящую из полимерной матрицы, непрерывных стеклянных волокон, рубленых стеклянных волокон, кварцевого песка. Образцы изготовлены по технологии ООО «НТТ» и ТУ 22.21.21-004-99675234-2019. Испытания на релаксацию напряжения проводили при комнатной температуре и при температуре $T = 70^\circ\text{C}$. Образцы подвергались

предварительной обработке в течение одного часа при температурах +20°C, +70°C, что обеспечивало полный прогрев образцов перед испытаниями. Испытания проводили в термокамере разрывной машины при соответствующих температурах на универсальной разрывной машине Zwick/Roell Z250, оборудованной термокамерой.

Для объективной оценки механической работоспособности полимерных материалов наиболее важны релаксационные свойства, описанные в [4-9]. Они определяют способность материала сохранять достаточные напряжения при длительном действии постоянной и переменной деформации в любых температурных условиях и в любых агрессивных средах.

К настоящему времени для описания процесса релаксации и ползучести используются различные ядра. В работе [1] предложены ядра релаксации, основанные на рассмотрении изменения энтропии системы в ходе релаксационного процесса. Процесс релаксации напряжения происходит в результате взаимодействия и диффузии кинетических единиц – релаксаторов. Релаксаторами могут быть различные атомные группы, повторяющиеся звенья, более крупные фрагменты и целые сегменты макромолекул. К релаксаторам относятся также отдельные элементы свободного объема. Эти микрополости могут взаимодействовать друг с другом, вследствие чего могут сливаться, изменяться в объеме и т.д., образуя такую структуру, которая способствует снижению релаксирующего напряжения. Тогда полимерный материал можно рассматривать как состоящий из релаксаторов и нерелаксаторов. Возникновение частиц двух сортов (релаксаторов и нерелаксаторов) и их диффузия приводят к производству энтропии системы, которая возрастает в ходе релаксации напряжения [1, 2].

Рассмотрим два ядра релаксации, введенные в работах [1-3].

В ядро релаксации $T_1(\tau)$ входит величина α , которая связана с кинетикой процесса межмолекулярного взаимодействия релаксаторов в ходе релаксационного процесса. Изменение α со временем τ может быть обусловлено, как было сказано выше, двумя причинами: взаимодействием релаксаторов и их диффузией в материале. Если процесс релаксации напряжения лимитируется скоростью взаимодействия релаксаторов, действует ядро $T_1(\tau)$:

$$T_1(\tau) := -\frac{S_0}{k_B m_1} \cdot \frac{1}{(\alpha - \alpha_0) \ln(\alpha - \alpha_0) + (1 - \alpha + \alpha_0) \ln(1 - \alpha + \alpha_0)} - \frac{1}{\ln 0.5} \quad (1)$$

Величина α определяется соотношением

$$\alpha = \frac{c}{c_0} = \frac{1}{\left(1 + \frac{k^* \tau}{\beta}\right)^\beta} \quad (2)$$

где $k^* = kc_0^{n-1}$, $\beta = 1/(n-1)$, n – порядок реакции взаимодействия релаксаторов, c_0 – начальная концентрация релаксаторов любого типа, k^* – константа скорости взаимодействия релаксаторов, S_0 – начальная энтропия системы (образца), k_B – константа Больцмана, m_1 – количество релаксаторов в образце.

Если процесс релаксации лимитируется скоростью диффузии релаксаторов, действует ядро

$$T_2(\tau) := -\frac{S_0}{k_B m_2} \cdot \left(\frac{1}{\alpha \tau^\gamma \ln \alpha \tau^\gamma + (1 - \alpha \tau^\gamma) \ln(1 - \alpha \tau^\gamma)} - \frac{1}{\ln 0.5} \right) \quad (3)$$

где $\gamma = \frac{\alpha}{2}$, $0 < b < 1$, α – константа, которая является мерой количества мест, занимаемых кинетическими единицами в процессе их беспорядочного блуждания на решетке.

Ядра (1) и (3) позволяют описывать процессы релаксации с большой точностью, а также оценивать физические параметры материала – величину $A = \frac{m^*}{S_0}$, пропорциональную количеству неоднородностей в материале, $k^*, \gamma, \alpha, \sigma_0$ – напряжение, которое возникает после мгновенного задания деформации; σ_∞ – квази-равновесное напряжение, устанавливающееся при $t \rightarrow \infty$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для установления влияния температурного режима на механические характеристики стеклопластика были испытаны 25 образцов при различной температуре.

Для аппроксимации полученных экспериментальных данных по уравнению Больцмана-Вольтерры с использованием ядер релаксации (1) и (3) была написана специальная компьютерная программа [10]. В программе каждая экспериментальная зависимость $\sigma(t)$ аппроксимируется уравнением Больцмана-Вольтерры с ядрами (1) и (3) и автоматически выбираются такие пары значений k^* и β , γ и α , при которых коэффициент корреляции является максимальным. В таблице 1 приведены параметры ядер релаксации при проведении эксперимента при комнатной температуре для некоторых образцов, а в таблице 2 при температуре 70°C.

Табл. 1. Параметры ядер релаксации при проведении эксперимента при комнатной температуре для некоторых образцов

Параметры ядра	Для образца №1	№2	№3	№4
Ядро $T_1(\tau)$				
k^* , мин ⁻¹	0.1	0.1	0.1	0.1
β	0.3	0.3	0.3	0.3
r	0.9949	0.9938	0.9914	0.9952
A_1 , Дж · кг · град/м ³	9.56×10^{24}	9.89×10^{24}	9.12×10^{24}	9.48×10^{24}
σ_0 , МПа	52.34	53.21	54.01	52.78
σ_∞ , МПа	36.11	37.01	37.67	36.52
Ядро $T_2(\tau)$				
a , мин ⁻¹	0.05	0.05	0.05	0.05
γ	0.5	0.5	0.5	0.5
r	0.9614	0.9671	0.9579	0.9585
A_1 , Дж · кг · град/м ³	2.2×10^{23}	2.13×10^{23}	2.1×10^{23}	2.15×10^{23}
σ_0 , МПа	47.75	48.31	49.11	47.24
σ_∞ , МПа	31.26	33.33	33.89	31.02
Экспериментальные данные				
σ_0 , МПа	55.01	58.12	57.17	58.05
σ_∞ , МПа	39.61	41.72	40.22	41.42

Табл. 2 Параметры ядер релаксации при проведении эксперимента при 70°С для некоторых образцов

Параметры ядра	Для образца №1	№2	№3	№4
Ядро T_1 (τ)				
k^* , мин ⁻¹	0.1	0.1	0.1	0.1
β	0.2	0.2	0.2	0.2
r	0.9701	0.9569	0.9612	0.9656
A_1 , Дж · кг · град/м ³	8.95×10^{24}	9.01×10^{24}	9.15×10^{24}	8.98×10^{24}
σ_0 , МПа	48.51	52.31	49.76	51.64
σ_∞ , МПа	32.50	34.31	33.48	33.87
Ядро T_2 (τ)				
a , мин ⁻¹	0.05	0.05	0.05	0.05
γ	0.5	0.5	0.5	0.5
r	0.9124	0.9042	0.9087	0.9156
A_1 , Дж · кг · град/м ³	8.45×10^{24}	8.11×10^{24}	8.08×10^{24}	8.25×10^{24}
σ_0 , МПа	44.78	46.65	45.25	46.89
σ_∞ , МПа	30.45	31.72	30.67	31.89
Экспериментальные данные				
σ_0 , МПа	50.54	57.34	51.22	57.46
σ_∞ , МПа	36.38	41.28	37.89	41.56

Ранее в работе [11] был проведен анализ влияния температурного режима на релаксационные свойства композитов на основе поливинилхлорида с помощью данной программы.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных экспериментов по релаксации напряжения показано, что релаксационные кривые лучше аппроксимируются с помощью уравнения Больцмана-Вольтерры с применением ядра релаксации $T_1(\tau)$. Коэффициент корреляции при этом близок к 1. Следовательно, лимитирующей стадией релаксационного процесса является скорость взаимодействия релаксаторов, а не скорость диффузии продуктов взаимодействия. При нагреве образцов до 70°С прочность образцов незначительно снижается. Результаты показывают возможность применения стеклопластика, изготовленного по технологии ООО «НТТ», в диапазоне от +20 °С до +70 °С на длительное время эксплуатации.

Авторы выражают благодарность компании ООО «Новые Трубные Технологии» с помощью проведения экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аскадский А.А. Новые возможные типы ядер релаксации // Механика композитных материалов. – 1987. – с. 403–409.
2. Аскадский А.А., Хохлов А.Р. Введение в физико-химию полимеров. – М.: Научный мир. 2009. –384 с.
3. Аскадский А.А., Кондращенко В.И. Компьютерное материаловедение полимеров т.1 Атомно-молекулярный уровень. – М.: Научный мир. 1999. – с. 544.
4. Аскадский А.А., Мацевич Т.А., Кондращенко В.И. Компьютерное материаловедение полимеров. т.2. Нано-супрамолекулярный уровень // Спутник+ (Москва), 2022. – с. 489.
5. Аскадский А.А., Мацевич Т.А. Дальнейшее развитие работ по усовершенствованию моделей и компьютерных программ по предсказанию и анализу физических свойств полимеров // УФН 193 625–668 (2023).
6. Аскадский А.А., Мацевич А.В., Пиминова К.С., Горбачева О.А., Мацевич Т.А., Кондращенко В.И. Релаксационные свойства террасных досок с комбинированным древесным и минеральным наполнителем // Строительные материалы. – 2019. – №3. – С. 57–63.
7. Аскадский А.А., Пиминова К.С., Мацевич А.В. Релаксационные свойства террасных досок, изготовленных из древесно-полимерных композитов (ДПК) // Строительные материалы. – 2018. – № 6. – С. 45–52.

8. *Аскадский А.А., А.И. Марма, Р.Б. Банявичюс, Вихускас З.С.* Анализ релаксационных процессов с полибензоксазоле с помощью новых ядер релаксации. // *Высокомолекулярные соединения.* – 1989. – № 11. – с.2271–2276.
9. *Н.С.Канаева, Д.Р.Низин, Т.А.Низина* Релаксационные свойства полимерных материалов на основе эпоксидных связующих// *Эксперт: теория и практика.* 2022. №3(18). С. 42-46.
10. Свид. 2023611845 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Relaxer Calculator / *Шашкин С.В., Мацевич Т.А., Аскадский А.А.*; заявитель и правообладатель *Шашкин С.В. (RU).* – №2022684116; заявл. 05.12.2022; опубл. 25.01.23, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.
11. *Аскадский А.А., Мацевич Т.А., Шашкин С.В.* Влияние температурного режима на релаксационные свойства композитов на основе поливинилхлорида // *Актуальные проблемы строительной отрасли и образования* – 2022.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ НЕФТЕПРОВОДА НА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

Е.А. Макарова¹, Р.А. Шырдаев², А.М. Стрельчук³, Р.Э Алимуратов⁴, Ц. Хань⁵
^{1,2,3,4,5}ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» (ВИИУ), 625000, Уральский федеральный округ, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38,

¹*ekaterinamakarova7833@gmail.com*

²*i@rshyrdaev.ru*

³*alenastrelcuk51@gmail.com*

⁴*magomedov.raul@yandex.ru*

⁵*jell37993@gmail.com*

Аннотация

Предоставлены сведения об полимерных материалах, их свойств и преимуществ в сравнении с традиционными материалами. Рассмотрена химическая стойкость нескольких полимерных материалов и экспериментальная проверка на рабочее давление. Полимерные материалы предлагают ряд преимуществ, которые делают их более подходящими для использования на многолетнемерзлых грунтах. Они имеют более высокую стойкость к коррозии, легче и дешевле в транспортировке и установке, а также обладают гибкостью и способностью к адаптации к деформациям грунта. В заключении подчеркивается важность применения полимерных материалов для нефтепроводов на многолетнемерзлых грунтах, и рекомендует дальнейшие исследования и разработки в этой области.

В условиях многолетней мерзлоты, где грунт подвержен значительным деформациям и перемораживанию, традиционные материалы, такие как сталь, могут быть недостаточно эффективными и вызывать проблемы в эксплуатации. При эксплуатации нефтепроводов в многолетнемерзлых грунтах возникают определенные проблемы, связанные с деформацией и разрушением инфраструктуры из-за циклических процессов замораживания и оттаивания. Для обеспечения надежности и безопасности эксплуатации необходимо применять специализированные материалы, которые обладают высокой устойчивостью к таким условиям.

Полимерные материалы представляют собой перспективное направление в разработке материалов для объектов магистральных нефтепроводов. Они обладают рядом преимуществ, таких как высокая прочность, устойчивость к коррозии, химической стойкости и долговечности. Однако, их применение на объектах магистрального нефтепровода в многолетнемерзлых грунтах до сих пор является актуальной научной проблемой [3].

Существующие материалы не всегда обладают достаточной устойчивостью к циклическим процессам замораживания и оттаивания, что может приводить к повреждениям и авариям на нефтепроводах. Поэтому, разработка и оптимизация полимерных материалов с высокой устойчивостью к таким условиям является основной научной проблемой.

Целью данной статьи является рассмотрение проблемы применения полимерных материалов на объектах магистрального нефтепровода в многолетнемерзлых грунтах. В статье будут рассмотрены основные требования к такому материалу, а также представлены существующие исследования и разработки в данной области. На основе анализа представленных данных будет предложено решение научной проблемы и обоснована его эффективность.

Таким образом, данная статья имеет практическую значимость для инженеров и ученых, занимающихся разработкой и эксплуатацией магистральных нефтепроводов в многолетнемерзлых грунтах. Результаты исследования могут быть использованы для улучшения надежности и безопасности эксплуатации нефтепроводов в таких условиях.



Несколько ключевых тенденций и факторов, которые подтверждают значимость и способствуют развитию новых проектов:

- Экологические требования: растущее осознание окружающей среды и снижение выбросов парниковых газов ставят под угрозу традиционные стальные трубы. Полимерные трубы считаются более экологически дружелюбными, что стимулирует их использование.
- Устойчивость к коррозии: полимерные материалы обладают высокой устойчивостью к коррозии и агрессивным средам, что уменьшает необходимость в регулярном обслуживании и замене труб, снижая операционные расходы.
- Легкость и легкость установки: эти трубы обычно легче стальных аналогов, что облегчает их транспортировку и монтаж, что также ведет к сокращению затрат.
- Высокая прочность: полимерные трубы обладают выдающимися механическими свойствами и могут выдерживать высокое давление, что делает их подходящими для транспортировки нефти и газа на большие расстояния.
- Инновации в материалах и технологии: постоянные исследования и разработки в области материалов и технологий производства труб приводят к созданию более эффективных и прочных продуктов.
- Развитие новых рынков: расширение глобального рынка нефти и газа, включая отдаленные и эксплуатационные области, требует более гибких и надежных трубопроводных систем.
- Поддержка со стороны государства: некоторые правительства и регуляторы поощряют использование экологически устойчивых материалов и технологий в нефтегазовой отрасли через налоговые льготы и стимулы.

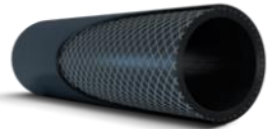


В работе рассмотрены трубы из полимерных материалов, произведенные как в России, так и за рубежом [2].

Исходя из проведенной работы можно сделать вывод о том, что применение неметаллических труб имеет большое преимущество — низкая стоимость их производства, снижение сметной стоимости строительства и затрат на эксплуатацию, а также существенное снижение риска загрязнения окружающей среды, что является важнейшей и актуальной задачей в нефтегазовой отрасли [1].

Табл. 1. Анализ рынка полимерных труб

Название	Страна	Ассортимент	P, МПа	t, °C	Изображение
NOV-Fiberspar	США	Диаметр 50–254 мм, армирование высокопрочными нитями	до 13,8	до 104,4	
FlexSteel	США	Диаметр 50–203 мм, стальное армирование	от 5,0 до 20,6	до 80	
Polyflow	США	Диаметр 101–152 мм, армирование нитями	до 3,5	до 65	
Soluforce	Нидерланды	Диаметр 101–177 мм, армирование нитями	до 8,0	до 100	
IVG	Италия	Инновационные материалы	до 1,0	до 70	

Продолжение табл. 1

Анаконда	Россия	Диаметр 74–160 мм, армирование трубы полиэфирными малоусадочными нитями с повышенной адгезией	от 1,2 до 4,0	до 65	
Сибмашполимер	Россия	Диаметр 50–600 мм, армирование с металлическим каркасом	от 1,0 до 4,0	до 80	
НордВест	Россия	Диаметром от 50 мм до 200 мм	от 4,0 до 18,0	до 80	

Характеристика по химической стойкости материалов базируется на результатах экспериментальных исследований по выдержке материалов в различных условиях с учетом действия температуры и давления. Однако результаты экспериментов не могут быть использованы без дополнительной оценки, поскольку трубопроводы эксплуатируются под нагрузкой, что при проведении экспериментов не учитывается.

Основными агрессивными средами нефти являются Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , S, H_2S , CO_2 , O_2 . Поэтому в качестве агрессивных сред нефти будем использовать их соли и кислоты.

На основе классификации материалов по химической стойкости проанализируем поведение полимерных труб на действие агрессивных сред нефти по справочным данным химической стойкости материалов.

Трубы из АБС частично подвержены H_2SO_4 , HCl и H_2S , а также подвержены воздействию в значительной степени S, CaSO_4 , KHCO_3 и нефти, что не дает возможности использовать трубы из этого материала для транспортировки нефти. Трубы из ПВХ частично подвержены воздействию CaCl_2 , K_2SO_4 , NaCl , Na_2SO_4 , CO_2 , H_2SO_4 , HCl , $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ и подвержены воздействию S в значительной степени, поэтому возможный период эксплуатации труб из этого материала сокращается, в связи с чем рекомендуется выбрать материал более высокого уровня стойкости. Трубы из ХПВХ в значительной степени подвержены воздействию S и нефти, что так же, как и АБС, не дает использовать этот материал для транспортировки нефти. ПЭ и ПП, ПВДФ проявили себя как материалы с высоким уровнем химической стойкости. Исходя из проведенного анализа можно судить, что АБС и ПВХ, ХПВХ для транспортировки нефти менее эффективны, чем ПП, ПЭ и ПВДФ трубы. Однако стоимость ПВДФ труб превосходит стоимость ПЭ и ПП труб примерно в 40–50 раз, поэтому в дальнейшем будем рассматривать трубы из ПП и ПЭ.

Так, в ГОСТ 12020–2018 «Методы определения стойкости к действию химических сред», имеется исследование в лабораторных испытаниях образцов полиэтилена высокого давления (ПВД), полиэтилена низкого давления (ПНД) и полипропилена (ПП) на стойкость к действию нефти в течение 20 недель. Оно показало, что, согласно ГОСТ 12020–2018, только ПНД среди исследуемых образцов обладает высокой стойкостью к нефтепромысловым средам. ПВД и ПП не могут рассматриваться для сооружения нефтепроводов из этих материалов вследствие отсутствия стойкости к нефтепромысловым средам, так как набухают ввиду своей неполярности [9].

Табл. 2. Показатель свойств исследуемых образцов

Показатель	ПНД 289-137	ПНД 273-79	ПВД 153-10К	ПП ВАЛЕН
Условное время непроницаемости τ_n , ч	13 444	13 000	4667	10 750
Количество проникшего вещества Q за 5 лет, г	0,7	0,7	7,7	1,9
Долговечность $\tau_{кр}$, год	6	6	4	1

Вторым по важности критерием оценки пригодности материала для строительства нефтепромысловых труб к эксплуатации является рабочее давление. В основном стальные трубы эксплуатируются на нефтепромыслах при рабочих давлениях до 4 МПа и 10 МПа. Поскольку стальные трубы обладают более высокими прочностными характеристиками по сравнению с трубами из ПНД, принято решение проверки ПНД труб на рабочее давление до 4 МПа. Для исследования выбраны нефтепромысловые трубы диаметром от 114 до 500 мм [4].

Табл. 3. Характеристики полиэтиленовых и стальных труб

Свойство	Полиэтилен	Сталь
Плотность, кг/м ³	950	7850
Коэффициент теплового расширения, 1/С°	0,00023	0,000014
Модуль Юнга, ГПа	1,1	200
Коэффициент Пуассона	0,42	0,3
Модуль сдвига, МПа	387,32	77000
Предел текучести при растяжении, МПа	25	300
Предел прочности при растяжении, МПа	33	460

Решение по возможности применения труб различного диаметров и толщины стенок из ПНД на рабочее давление до 4 МПа анализировалось с помощью программы ANSYS Workbench. Принята расчетная схема трубы с длиной 10 м (рис. 1). Модель была создана во встроенном графическом редакторе Design Modeler. Модель разбита на конечные элементы, размер которых задавался вручную, до достижения определенной точности и по геометрии трубы. Выбранный размер конечного элемента – 0,0225 м (рис.2). Следующий шаг – задание граничных условий. Это необходимо для правильного выполнения расчета [4].

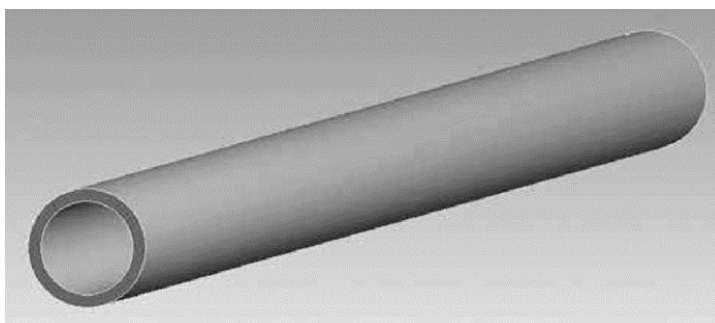


Рис. 1. Модель трубы

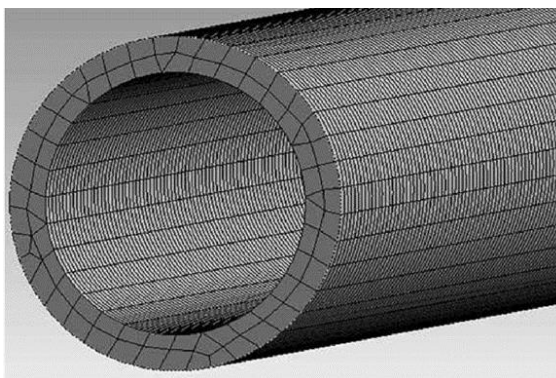


Рис. 2. Разбиение модели трубы на конечные элементы

Для этого на одном ребре трубы ограничивается перемещение (displacement) и далее задается внутреннее давление 4 МПа (рис. 3). Последний шаг выполнение расчета и визуализация результатов. Для этого выбирается эквивалентное напряжение в стенке трубы [4].

Подбор толщин стенок осуществлялся экспериментально в диапазоне от 11,5 до 55 мм в зависимости от внутреннего диаметра трубы до того момента, пока не будет удовлетворяться условие, при котором эквивалентные напряжения в стенке трубы станут меньше предела текучести (рис. 4). Полученные размеры труб со значениями эквивалентных напряжений занесены в табл. 4.

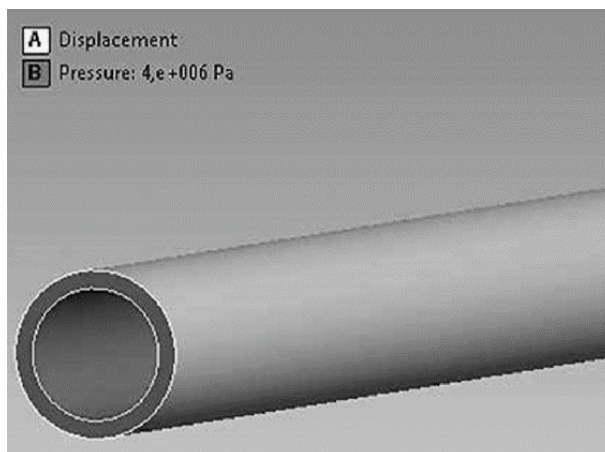


Рис. 3. Задание граничных условий

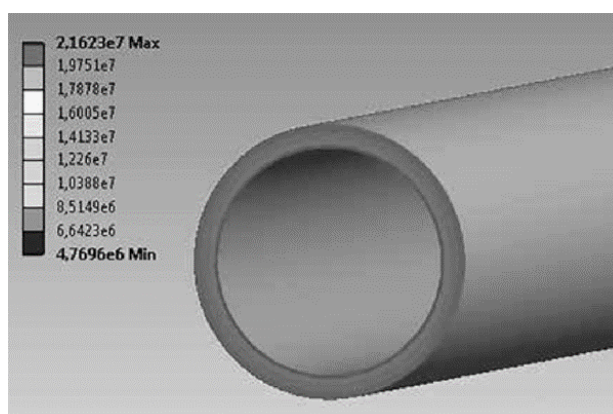


Рис. 4. Эквивалентные напряжения в стенках трубы диаметром 219 мм

Табл. 4. Размеры труб со значениями эквивалентных напряжений

Двн, мм	δ , мм	Дн, мм	σ , МПа
114	11,5	137	24,3
144	14,5	173	24,4
159	16	191	24,6
219	22	263	24,2
273	27	327	24,5
325	32	389	24,6
377	38	453	24,3
426	42	510	24,7
500	50	600	24,4

Мы видим, что трубы из ПНД пригодны к эксплуатации в качестве нефтепромысловых труб на рабочее давление до 4 МПа. Полученные экспериментально толщины стенок по величине не превышают номинальных размеров толщины стенок

существующих полиэтиленовых водопроводов. Это обеспечивает возможность их применения с точки зрения возможности их изготовления.

На основе всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что на сегодняшний день среди полимерных материалов, используемых при строительстве трубопроводов для перекачки сред, наиболее подходящим материалом для производства нефтепромысловых труб является полиэтилен. Полиэтиленовые трубы обладают не только хорошей стойкостью к действию нефти, но и способны выдержать необходимое рабочее давление. Поэтому в дальнейшем стоит осуществлять постепенный переход на нефтепромысловые полиэтиленовые трубы, обладающие рядом преимуществ над стальными: более высокой долговечностью, хорошей коррозионной стойкостью, сопротивляемостью блуждающим токам, скоростью и экономичностью монтажа, эластичностью, повышенной пропускной способностью, экономией на изоляции и безопасностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Агапчев В.И., Виноградов Д.А., Фаттахов М.М.* Трубопроводные системы из труб на основе полимерных материалов: строительство, эксплуатация, реконструкция, ремонт. // М.: Ингер, 2007. С. 13-25.
2. *Адхиятмабхатар М., Девеси С.* Полиэтиленовые трубы в нефтегазовой отрасли на Ближнем Востоке // Полимерные трубы. 2014. № 1. С. 62–66.
3. *Берг В.И., Чепур П.В., Якупов А.У.* Применение волокнистых композитных материалов при ремонте коррозионных дефектов большой протяженности на магистральных трубопроводах // Современные наукоемкие технологии, 2016. № 10–1. С. 38-42.
4. *Глазков А.С., Гарифуллин А.А.* Анализ материалов, применяемых в производстве полимерных труб для строительства нефтегазопроводов // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2020. № 5-6. С. 40–45.
5. *Гулин Д.А.* О применении труб из полимерных материалов для промысловых трубопроводов // Интернет-журнал «Нефтегазовое дело». 2020. Режим доступа: <http://ngdelo.ru>. Дата обращения: 20.10.2023.
6. *Уиллоуби Д.А., Додж Вудсон Р., Суверлэнд Р.* Полимерные трубы и трубопроводы: справочник [проектирование, применение, химическая стойкость, испытания] // пер. с англ. и науч. ред. В.В. Ковриги. СПб.: Профессия, 2010. 297 с.
7. Таблица химической стойкости пластиков. Режим доступа: <https://plast-product.ru/wp-content/uploads/table-him.pdf>. Дата обращения 21.11.2023.
8. ГОСТ 18599-2001. Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия (с Поправкой, с Изменениями № 1, 2).
9. ГОСТ 12020–2018. Методы определения стойкости к действию химических сред. М.: Стайдэртмиформ, 2018. С. 4.

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ С ЭФФЕКТОМ «ПАМЯТИ» ФОРМЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ «ЧЕРНИЛ» ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ 3D-ПЕЧАТИ

Ю.А. Жидков¹, А.С. Иноземцев²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹zhidkovyua@gmail.com

²InozemcevAS@mgsu.ru

Аннотация

Аддитивная технология строительного производства обладает потенциалом стать ускорителем цифровизации строительной отрасли и обеспечить кратное повышение производительности труда в строительстве за счёт автоматизации производственных процессов. Но прежде необходимо решить ряд проблем 3D-печати бетоном, одной из которых является армирование получаемых конструкций.

Целью работы является изучение возможности внедрения материалов с «памятью» формы в качестве самопреднапрягающего мелкодисперсного армирования для 3D-бетона. Проведен обзор наиболее распространенных материалов с эффектом «памяти» формы, а также опыта применения металлических и полимерных материалов с эффектом «памяти» формы в качестве армирования в конструкциях с реализацией самопреднапряжения. Установлены основные критерии выбора «умного» материала для армирующих волокон, и составлен перечень наиболее доступных полимеров с «памятью» формы.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно «Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства РФ» [1] в строительной отрасли наблюдается дефицит строительных ресурсов и оборудования импортного производства, существенный рост стоимости ресурсов (в том числе строительных материалов, топлива), дефицит кадров, нарушение логистических цепочек, а также сокращение спроса на новое строительство ввиду снижения доступности ипотеки и сокращения доходов граждан. В настоящее время в строительной отрасли требуются количественные и качественные преобразования, способствующие более эффективному решению задач наращивания объемов строительства, реализации масштабных инфраструктурных проектов, открывающих возможности для развития промышленно-экономического потенциала Российской Федерации. Уменьшению трудозатрат, сокращению сроков возведения объектов, повышению энергоэффективности строительства и тем самым снижению стоимости готовой продукции может способствовать применение аддитивной технологии строительного производства [2-4].

Но на текущий момент внедрению технологии в массовое строительство 3D-печати бетоном препятствуют ряд таких проблем, как отсутствие нормативно-правовой базы, особые требования к сырьевым материалам и готовым смесям для 3D-печати (необходимость комплексного сочетания эксплуатационных свойств, улучшение функциональности экструдированных конструкций), недостаточная развитость оборудования для 3D-печати, отклонение реальных параметров печатного слоя от проектных значений и формирование холодных швов бетонирования с низкими значениями прочности сцепления между слоями из-за перерывов в работе принтера [5-**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Армирование конструкций вызывает наибольшие сложности в технологии 3D печати. Большинство разработанных решений основаны как правило на применении ручного способа укладки стрижней и часто приводят к вынужденным остановкам процесса печати [6]. Одним из решений данной проблемы на данном этапе развития технологии и оборудования может стать применение мелкодисперсного армирования.

Исследования [9-12] показывают, что применение фибры способствует увеличению прочности на растяжение при изгибе в зависимости от вида волокна на 8...30 %. Фактические значения прочности на растяжение при изгибе составляют при этом 3,5...5,2 МПа, что недостаточно для применения в конструкциях.

С точки зрения работы материала наиболее эффективными в изгибаемых конструкциях являются решения с предварительно напряженным армированием. В качестве примера реализации подобного подхода можно привести мост [14]. Преднапряжение канатов позволило реализовать расчетную схему, при которой в бетоне отсутствуют растягивающие напряжения, и благодаря этому более эффективно использовать материалы при проектировании (рис. 1). Но данный способ требует дополнительных затрат на производство упоров для создания преднапряжения, специального оборудования для натяжения канатов и стенов для сборки готовых фрагментов, что перекрывает основные преимущества строительной 3D-печати.

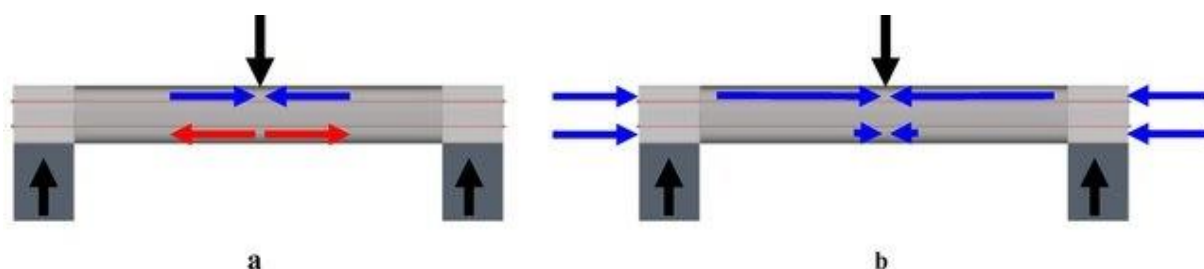


Рис. 1. Принципиальная схема работы конструкции при изгибе:
а – без преднапряжения; б – с преднапряжением [14]

Таким образом, проблему армирования конструкций, напечатанных на 3D-принтере, можно решить за счет комбинирования вышеуказанных способов армирования, а именно применение предварительно напряженного мелкодисперсного армирования. Реализация указанного подхода может быть реализовано за счет разработки «чернил» для 3D-печати с фиброй из материалов с эффектом «памяти» формы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основной целью работы является анализ возможности применения «умных» материалов в строительстве с целью улучшения эксплуатационных свойств бетона для 3D-печати, формулировании проблем и путей их решения. В работе используется комплекс общенаучных логических методов исследования, основанных на теоретическом анализе научно-технической литературы, информационных ресурсах разработчиков и средствах массовой информации, в том числе научных статьях, диссертациях, научных отчетах и материалах конференций.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалы с «памятью» формы способны переходить из деформированного состояния (временной формы) к своей первоначальной (постоянной) форме под воздействием внешнего стимула, в качестве которого могут выступать температура, рН, влажность, электрическое или электромагнитное поле, ионизирующее излучение и др. На данный момент известны полимерные, композиционные, пены, гели, керамика и др. материалы, обладающие данным свойством.

Впервые эффект памяти формы был обнаружен у сплавов, характеризующихся термоупругим мартенситным превращением (рис. 2), которое сопровождается сдвигами, изменением объема и смещениями атомов [15]. На сегодняшний день известно множество сплавов с эффектом памяти формы, которые применяются в конструкциях самолетов, строительных конструкциях, машиностроении, медицине, робототехнике и др. [Ошибка! Источники ссылки не найден., 16]

Например, в [18] представлены результаты применения сплавов с «памятью» формы на основе железа в качестве стержневого поперечного армирования балок. По данным авторов самопреднапряжение хомутов привело к уменьшению количества трещин и их длины, увеличению жесткости элемента и незначительному увеличению прочности по наклонным сечениям до 2%. В работах [19-23] отмечается наибольшая эффективность применения самопреднапрягающего армирования на основе сплавов с «памятью» формы в условиях сейсмической активности.

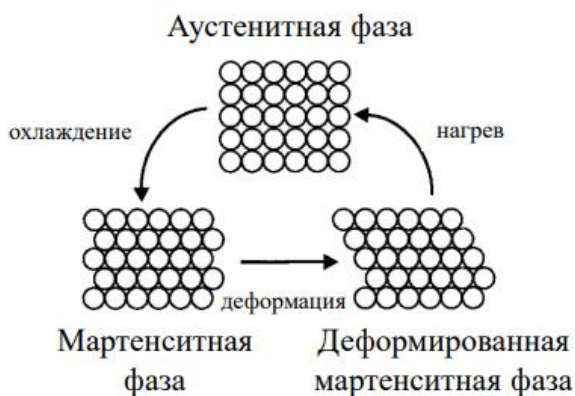


Рис. 2. Механизм эффект «памяти» формы у сплавов [16]

Помимо стержневого армирование, также рассматривается применение мелкодисперсного армирование из сплавов с «памятью» формы [24-26]. По экспериментальным данным, применение фибробетона с содержанием волокон с эффектом «памяти» формы от 0,5 до 1,25 % хотя и приводит к снижению прочностных характеристик на 5...8% по сравнению с обычной стальной фиброй, но при этом способствует значительному увеличению трещиностойкости и наиболее эффективно себя показывает при многократном нагружении.

Применение сплавов с «памятью» формы в строительстве ограничивается не только большой стоимостью материалов, но и высокой температурой активации перехода к постоянной форме (300...400 °C в зависимости от сплава). Для конструкций такие температуры чаще всего недопустимы, и неизбежно приводят к значительным затратам на прогрев элементов. Помимо этого, сплавы на основе меди, алюминия, никеля и других металлов кроме железа, обладают меньшими значениями модуля упругости, что отрицательно сказывается на деформативности всей конструкции. Применительно к аддитивной технологии стальные волокна вовсе малоприменимы ввиду проблем, описанных выше.

Таким образом, применение сплавов с «памятью» формы в качестве армирования по результатам проведенного обзора нецелесообразно ввиду неэффективности при статическом нагружении и высокой стоимости как сырьевых материалов (арматуры и волокна), так и конечной продукции с учетом затрат на активацию перехода к постоянной форме.

Полимеры с памятью формы имеют ряд преимуществ перед металлическими сплавами с «памятью» формы благодаря гораздо большим восстанавливаемым деформациям и относительно невысоким температурам активации (30...80 °C), а также возможностью применения в смесях для 3D-печати.

Большинство из полимеров могут сохранять временную форму при температуре стеклования, либо при температуре кристаллизации полимера из-за изменения подвижности цепи в определенных температурных областях. Более того, химическое или физическое сшивание может способствовать восстановлению постоянной формы [27]. Общий принцип строения полимеров с памятью формы и классификация полимеров с эффектом «памяти» формы представлена на рисунках 3 и 4.

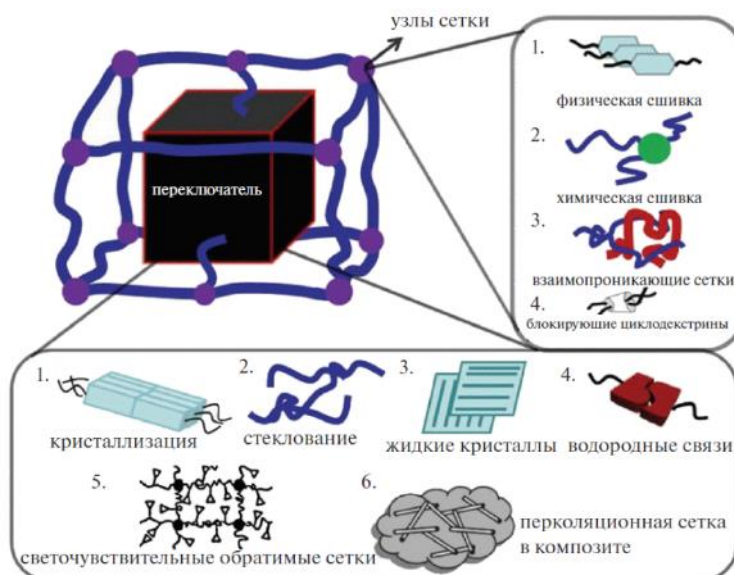


Рис. 3. Общий принцип строения полимеров с памятью формы [29]

Состав и структура	Тип внешнего воздействия
Блок-сополимер 	Температура
Супрамолекулярный полимер 	Электричество
Полимерные смеси/ композиты 	Магнитное поле
Взаимопроникающие полимерные сетки 	pH-среды
Сшитый гомополимер 	Излучение
	ОВР
	Термо чувствительные
	Влаго чувствительные
	Свето чувствительные
	Окисл- вост. чувстви- тельность

Рис. 4. Классификация полимеров с эффектом памяти формы [16]

В работе [28] эпоксидная смола с «памятью» формы (полиуретан/стирол-бутадиен-стирол) вводится в состав асфальтобетона с целью повышения износостойкости и эффективности самовосстановления вместе с полимерными волокнами двух типов: полиэфирные и лигниновые. Мелкодисперсное армирование препятствует образованию и росту трещин, а смола ускоряет смыкание границ трещин, способствуя полному восстановлению характеристик бетона.

Наиболее эффективными полимерами для применения в качестве мелкодисперсного армирования по параметру внешнего воздействия будут являться термочувствительные полимеры. Это связано с тем, что полимерные волокна будут находится в бетонном массиве и оказать равномерное воздействия другого характера на все волокна будет затруднительно. При этом, модификация волокон углеродными нанотрубками позволит применять не только температуру, но и электромагнитные поля для активации перехода к постоянной форме.

Множество публикаций [30-32] посвящены исследованиям армированных полимерных композитов с эффектом «памяти» формы для 3D-печати. Однако, на данный момент публикации о применении полимерных волокон с «памятью» формы для армирования бетонов, в том числе полученных с применением аддитивной технологии производства, не обнаружены.

Полимеры с эффект «памяти» формы в настоящее время нельзя отнести к распространенным компонентам для строительных материалов в связи с их недостаточной изученностью. Однако имеются труды [33-36], посвященные синтезу таких материалов с «памятью» формы. Помимо этого, указанные «умные» полимеры легко обнаружить в других формах (полиэтилентерефталат в виде одноразовых бутылок, термоусадочные пленки из сополимера винилхлорида и винилацетата, сшитые полимеры в виде труб и изоляции кабелей, и др.), что косвенно свидетельствует о доступности сырьевых материалов для дальнейших исследований. При этом решающую роль при выборе полимера оказывает множество факторов: максимальная величина обратимой деформации, тип и интенсивность внешнего воздействия, а также усилия, возникающие в волокне при переходе к постоянной форме.

ВЫВОДЫ

В результате исследования установлено, что применение материалов с эффектом «памяти» формы в качестве мелкодисперсного армирования 3D-бетона может стать решением проблемы армирования аддитивной технологии. При этом, наиболее перспективными являются полимерные термочувствительные материалы.

Помимо выбора «умного» материала для волокна стоит отметить необходимость проработки в дальнейшем таких вопросов, как выбор длины волокон и достижения прочности сцепления фибры с бетоном, соизмеримой с временным сопротивлением разрыву волокон, разработка технологии производства волокна с «памятью» формы для мелкодисперсного армирования бетона, разработка состава бетона на основе цементного вяжущего для 3D-печати, разработка мероприятий по пожарной безопасности для получаемых конструкций, разработка технологии активации получаемого 4D-бетона для создания самопреднатяжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Распоряжение Правительства РФ от 31.10.2022 г. № 3268-р «Об утверждении Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства РФ на период до 2030 г. с прогнозом до 2035 г.» // Собрание законодательства РФ. 2022. № 45. Ст. 7815
2. Пустовгар А.П., Адамцевич А.О., Волков А.А. Технология и организация аддитивного строительства // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 9. С. 12-20. ISSN 0869-7019
3. Иноземцев А.С., Королев Е.В., Зьонг Т. К. Анализ существующих технологических решений 3D-печати в строительстве // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13, Вып. 7 (118). С. 863-876. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.7.863-876
4. De Schutter G., Lesage K., Mechtcherine V., Nerella V.N., Habert G., Agusti-Juan I., Vision of 3D printing with concrete — Technical, economic and environmental potentials // Cement and Concrete Research. 2018. Vol. 112. P. 25-36. DOI: 10.1016/j.cemconres.2018.06.001
5. Шестакова Е.Б., 3D-печать: аддитивные технологии в строительстве: учебное пособие // Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2022. 112 с. ISBN 978-5-4497-1625-5
6. Mukhametrakhimov, R.Kh., Lukmanova, L.V. Structure and properties of mortar printed on a 3D printer. Magazine of Civil Engineering. 2021. 102(2). Article No. 10206. DOI: 10.34910/MCE.102.6
7. Inozemtcev A.S., Korolev E.V., Duong T.Q. Lightweight concrete for 3D-printing with internal curing agent for Portland cement hydration. Magazine of Civil Engineering. 2022. 109(1). Article No. 10915. DOI: 10.34910/MCE.109.15
8. Ahmed G., Askandar N., Jumaa G. A review of largescale 3DCP: Material characteristics, mix design, printing process, and reinforcement strategies, Structures, Volume 43, 2022, Pages 508-532, ISSN 2352-0124, DOI: 10.1016/j.istruc.2022.06.068
9. Соловьёв В.Г., Шувалова Е.А. Эффективность применения различных видов фибры в бетонах // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. №9 (63). DOI: 10.23670/IRJ.2017.63.065
10. Пустовгар А.Г., Абрамова А.Ю., Еремина Н.Е. Эффективность использования дисперсного армирования

- бетонов и строительных растворов полипропиленовой и базальтовой фиброй // Технологии бетонов. 2019. № 7/8. С. 34-43. ISSN 1813-9787
11. Duong T.Q., Vu N.T., Inozemtcev A.S., Korolev E.V. Possibilities and limitations of high-strength lightweight fiber-reinforced concrete structures // Journal of Physics: Conference Series : Collection of Materials of the International Scientific Conference MMSA-2019, Moscow, 13–15 November 2019 / Moscow State University Of Civil Engineering (National Research University). Vol. 1425. – Moscow: IOP Publishing Ltd, 2020. – P. 012067. – DOI 10.1088/1742-6596/1425/1/012067. – EDN ODRBIW
 12. Шорстова Е.С., Ключев С.В., Ключев А.В. Фибробетон для 3D-печати // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2019. – № 3. – С. 22- 27. – DOI 10.34031/article_5ca1f6300a4956.62644399. – EDN ZPLUAM
 13. Смирнова О.М., Харитонов А.М. Прочностные и деформативные свойства фибробетона с макрофиброй на основе полиолефинов // Строительные материалы. 2018. № 12. С. 44-48. ISSN 0585-430X
 14. Salet T.A.M., Ahmed Z.Y., Bos, F.P., Laagland H.L.M. Design of a 3D printed concrete bridge by testing // Virtual and Physical Prototyping. 2018. 13. P. 1-15. DOI: 10.1080/17452759.2018.1476064
 15. Han B.G., Zhang L.Q., Ou J.P. Smart and Multifunctional Concrete Toward Sustainable Infrastructures // Jinping. 2017. DOI: 10.1007/978-981-10-4349-9
 16. Santo L., Bellisario D., Quadrini F. Shape Memory Behavior of PET Foams. Polymers 2018, 10, 115. DOI: 10.3390/polym10020115
 17. Копица Г.П., Бугров А.Н., Смыслов Р.Ю., Рунов В.В. Полимеры с магнитными наночастицами: диагностика свойств с использованием МУР поляризованных нейтронов. V Школа по физике поляризованных нейтронов «ФПН–2016». Сессия III. Эксперименты по малоугловому рассеянию с поляризованными нейтронами. ПИЯФ НИЦ КИ, Гатчина. 2016.
 18. Hong K., Ji S., Yeong-Mo Y. Predicting the shear behavior of reinforced concrete beams with Fe-Based shape memory alloy stirrups // Engineering Structures. 2023. Vol. 293. 116644. DOI: 10.1016/j.engstruct.2023.116644
 19. Muntasir Billah A.H.M., Shahria Alam M. Seismic performance of concrete columns reinforced with hybrid shape memory alloy (SMA) and fiber reinforced polymer (FRP) bars // Construction and Building Materials. 2012. CONSTR BUILD MATER. 28. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2011.10.020
 20. Raza S., Widmann R., Michels J., Saiidi M., Motavalli M. Shahverdi M. Self-centering technique for existing concrete bridge columns using prestressed iron-based shape memory alloy reinforcement // Engineering Structures. 2023. 294. 116799. DOI: 10.1016/j.engstruct.2023.116799
 21. Raza S., Shafei B., Saiidi M., Motavalli M., Shahverdi M. Shape memory alloy reinforcement for strengthening and self-centering of concrete structures—State of the art // Construction and Building Materials. 2022. 324. 126628. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2022.126628
 22. Czaderski C. Shahverdi M., Michels J. Iron based shape memory alloys as shear reinforcement for bridge girders // Construction and Building Materials. 2020. 274. 121793. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2020.121793
 23. Mirzaey E., Shaikh M., Rasheed M., Ughade A., Khan H., Shaw S. Shape memory alloy reinforcement for strengthening of RCC structures—A critical review // Materials Today: Proceedings. 2023. DOI: 10.1016/j.matpr.2023.02.289
 24. Wang Y., Aslani F., Valizadeh A. An investigation into the mechanical behaviour of fibre-reinforced geopolymer concrete incorporating NiTi shape memory alloy, steel and polypropylene fibres // Construction and Building Materials. 2020. 259. 119765. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.119765
 25. Dehghani A., Aslani F. Flexural toughness and compressive stress–strain behaviour of pseudoelastic shape memory alloy fibre reinforced concrete // Construction and Building Materials. 2022. 332. 127372. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2022.127372
 26. Menna, D., Genikomsou K., Green M. Flexural Performance and Crack Closing Capacity of Double-Hooked-End Superelastic Shape Memory Alloy Fibre Reinforced Concrete Beams Under Cyclic Loading. 2023. DOI: 10.2139/ssrn.4423242
 27. Liu J., Gorbacheva G., Lu H., Wang J., Fu Y.Q. Dynamic equilibria with glass transition heterogeneity and tailorable mechanics in amorphous shape memory polymers // Smart Materials and Structures. 2022. 31. DOI: 10.1088/1361-665X/ac7680
 28. Xia W., Xu Z., Xu T. Self-healing behaviors and its effectiveness evaluations of fiber reinforced shape memory polyurethane/SBS modified asphalt mortar // Case Studies in Construction Materials. 18. e01784. 2022. DOI: 10.1016/j.cscm.2022.e01784
 29. Горбунова М.А., Анохин Д.В., Бадамшина Э.Р. Современные достижения в области получения и использования термопластичных частично кристаллических полиуретанов с эффектом памяти формы // Высокомолекулярные соединения. Серия Б. – 2020. – Т. 62, № 5. – С. 323-347. – DOI: 10.31857/S2308113920050071
 30. Mahmud S., Konlan J., Deicaza J., Schmidt R., Li G. Thermoset Polymer Composites with Gradient Natural and Synthetic Fiber Reinforcement: Self-healing, Shape-memory, and Fiber Recyclability // Materials Today Communications. 2023. 35. 105950. DOI: 10.1016/j.mtcomm.2023.105950
 31. Ji Q., Wang X., Wang L., Feng L. Online reinforcement learning for the shape morphing adaptive control of 4D printed shape memory polymer // Control Engineering Practice. 2022. 126. 1-9. DOI: 10.1016/j.conengprac.2022.105257

32. Verma D., Purohit R., Rana R.S., Purohit S., Patel K.K. Enhancement of the properties of shape memory polymers using different nano size reinforcement – A review // *Materials Today: Proceedings*. 2020. 26. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.02.631
33. Стригин А.В. Композиции сверхвысокомолекулярного полиэтилена с полисилоксаном с эффектом памяти формы: диссертация кандидата технических наук: 05.17.06 / Санкт-Петербург, 2010. - 149 с.
34. Пат. 2348523 Российская Федерация, МПК В29В 7/38 (2006.01). Способ получения композиции сверхвысокомолекулярного полиэтилена с полисилоксаном, обладающей эффектом памяти / Стригин А.В., Николаев О.О., Бриттов В.П., Лебедева Т.М., Богданов В.В. Патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)". № 2006129458/12; заявл. 14.08.2006; опубл. 10.03.2009. Бюл. №7. 8 с.
35. Пат. 2259415 Российская Федерация, МПК С22С 14/00, С22F. Материал с эффектом памяти формы / Мейснер Л.Л., Лотков А.И., Сивоха В.П., Псахье С.Г., Ротштейн В.П., Озур Г.Е., Карлик К.В. Патентообладатель Научно-исследовательское учреждение Институт физики прочности и материаловедения (НИУ ИФПМ) СО РАН Институт сильноточной электроники (ИСЭ) СО РАН. № 2004100907/02; заявл. 09.01.2004; опубл. 27.08.2005. Бюл. № 24.
36. Скрозников С.В. Закономерности формирования структурно-механических свойств шитых полиолефинов для кабельной техники: диссертация кандидата технических наук: 05.17.06 / Москва, 2015. - 149 с.

ДЕКОРАТИВНЫЕ ПЛИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА КЕДРОВОГО ОРЕХА

Е.Н. Гущина¹, И.А. Серских², Д.В. Князева³, М.Н. Теревенин⁴, В.В. Коньшин⁵
^{1,2}ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 656038, Алтайский край, г. Барнаул, проспект Ленина, д. 46,
vadandral@mail.ru

Аннотация

В ходе проведённых исследований методом горячего прессования (температура 140-150 °С) получены плитные материалы декоративного назначения из отходов производства кедрового ореха сосны сибирской кедровой и сосны кедровой корейской (скорлупа, остовы шишек, хвоя, тунга). В качестве связующего использованы обработанные по технологии взрывного автогидролиза (ВАГ) или по экструзионной оболочки овса посевного. Проведено исследование прочностных и гидрофобных свойств получаемых декоративных плит в зависимости от применяемого связующего. Декоративные материалы имеют прочность 20-37 МПа при водопоглощении 52-20%. Установлено, что плитные материалы, полученные с использованием связующего по технологии ВАГ обладают лучшими эксплуатационными показателями по сравнению с образцами на основе экструдированного связующего вследствие физико-химических процессов, протекающих при обработке связующего.

ВВЕДЕНИЕ

Современные декоративные изделия на основе древесины или побочных продуктов её переработки должны обладать не только определённым набором технологических свойств (прочностные характеристики, гидрофобность и т.д.), но быть экологически безопасными материалами. В последнее время в качестве декоративных материалов широко применяются изделия, содержащие в своём составе отходы хвойных пород дерева (хвоя, остовы шишек, тунга и др.). В связи с этим, использование в качестве связующих различных синтетических соединений (типа феноло-альдегидных, мочевино-альдегидных смол, синтетических полимеров и их производных) является весьма проблематичной задачей. Использование в качестве связующего, например, водного раствора поливинилацетата или кедровой смолы не приводит к улучшению эксплуатационных характеристик [1-2].

Нами было показано, что декоративные материалы на основе различных отходов древесного происхождения могут быть получены с использованием в качестве связующего различных отходов деревообработки и сельского хозяйства [3-5]. Модифицированное связующее может быть получено на основе отходов любого сырья растительного происхождения – опилок, щепы, оболочек злаковых, соломы и т.д. В данной работе приводятся результаты получения декоративных плитных материалов с использованием в качестве связующего оболочек овса посевного.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе в качестве наполнителя использованы отходы производства кедрового ореха сосны сибирской кедровой (*Pinus sibirica*) и сосны кедровой корейской (*Pinus koraiensis*). Получение связующего из оболочек овса посевного (*Avena sativa*) по экструзионной технологии проводили по методике, описанной в работе [5]. Получение связующего из оболочек овса по методу ВАГ приведено в работе [6]. На основании проведённых ранее экспериментов установлены следующие оптимальные условия получения связующих: по методу ВАГ - продолжительность обработки перегретым водяным паром – 10 мин., температура обработки – 180 °С; по экструзионной технологии – время нахождения в рабочей зоне экструдера – 2 мин., начальная влажность сырья – не менее 14 %, температура рабочей зоны экструдера 200 °С. Полученное связующее смешивалось с наполнителем в

определённых соотношениях. Плитные материалы получали по методу горячего прессования при температуре 140-150 °С, продолжительность прессования – 5 мин. Плитные материалы имели размеры 150×50×5 и 300×200×5 мм. Прочностные и гидрофобные характеристик определяли по соответствующим ГОСТам [7-8]. На рисунках 1 и 2 приведены примеры полученных декоративных материалов.



Рис. 1. Декоративные плитные материалы из отходов производства кедрового ореха размером 150×50×5 мм



Рис. 2. Декоративные плитные материалы из отходов производства кедрового ореха размером 200×200×5 мм

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В таблице 1 приведены данные о составе декоративных плитных материалов и их некоторых свойствах при использовании связующего, полученного по методу ВАГ.

Табл. 1. Состав, прочностные и гидрофобные свойства декоративных плитных материалов при использовании связующего, полученного по методу ВАГ

Ботаническое название	Соотношение компонентов, %		Предел прочности при изгибе, МПа	Водопоглощение, %
	отходы производства кедрового ореха	связующее		
<i>Pinus sibirica</i>	100	0	24±2	не выдержал испытаний
	90	10	28±2	36±4
	80	20	34±2	24±2
	70	30	36±2	22±2
	60	40	37±2	22±2
	50	50	37±2	20±2
<i>Pinus koraiensis</i>	100	0	20±2	не выдержал испытаний
	90	10	25±2	42±4
	80	20	28±2	30±2
	70	30	30±2	30±2
	60	40	32±2	28±2
	50	50	32±2	26±2

Декоративные плитные материалы без добавления связующего, несмотря на удовлетворительную прочность (20-24 МПа), не обладают удовлетворительными гидрофобными свойствами. Материалы сохраняли форму в течение первых 2-х часов, затем разваливались. Из этого следует, что декоративнее плитные материалы без добавления связующего можно применять только при внутренней отделке помещений.

При добавлении связующего (оболочки овса, обработанные по методу ВАГ) повышается прочность материалов и гидрофобные свойства. При этом максимальный набор прочностных свойств достигается при соотношении отходы:связующее=70:30. Дальнейшее увеличение содержания связующего нецелесообразно. При использовании в качестве отходов сосны кедровой корейской прочностные и гидрофобные характеристики несколько меньше, вследствие того, что оболочки ореха более крупные по сравнению с сосной сибирской кедровой. В результате этого, проникающая способность воды увеличивается, способствуя увеличению водопоглощения.

Аналогичные результаты получаются при изготовлении декоративных плитных материалов с использованием в качестве связующего оболочек овса, обработанных на экструдере (таблица 2).

Следует отметить, что плитные материалы, с экструдированным связующим несколько уступают по прочностным и гидрофобным свойствам материалам на основе связующего, полученного по методу ВАГ. Меньшее значение предела прочности при изгибе (до 30 МПа) и более высокие показатели по водопоглощению (до 52 % от массы плиты) могут быть обусловлены физико-химическими процессами, происходящими при получении связующего.

При обработке оболочек овса посевного по методу ВАГ более интенсивно, по сравнению с экструзией протекают процессы деструкции лигноуглеводного комплекса растительного сырья, приводящие к образованию активных альдегидных групп. При горячем прессовании данные активные группы, вступая в реакции поликонденсации с фенольной составляющей (продуктами деструкции лигнина), образуют вещества, выполняющие роль клея.

Табл. 2. Состав, прочностные и гидрофобные свойства декоративных плитных материалов при использовании связующего, полученного по экструзионной технологии

Ботаническое название	Соотношение компонентов, %		Предел прочности при изгибе, МПа	Водопоглощение, %
	отходы производства кедрового ореха	связующее		
<i>Pinus sibirica</i>	100	0	20±2	не выдержал испытаний
	90	10	22±2	41±4
	80	20	25±2	34±4
	70	30	26±2	32±2
	60	40	28±2	32±2
	50	50	28±2	30±2
<i>Pinus koraiensis</i>	100	0	18±2	не выдержал испытаний
	90	10	20±2	52±4
	80	20	24±2	40±2
	70	30	28±2	38±2
	60	40	28±2	38±2
	50	50	30±2	36±2

ВЫВОДЫ

Таким образом, в ходе проделанной работы нами были получены декоративные плитные материалы из отходов производства кедрового ореха с улучшенными физико-химическими показателями по сравнению с традиционными материалами. Полученные материалы могут быть использованы для создания декоративных элементов интерьера, для отделки стен, лестниц, пола и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ № 2229389. Способ получения декоративных изделий из отходов шишек хвойных деревьев / Новиков В.Т., Королев А.А. // опубл. 27.05.2004. Бюл. № 15.
2. Патент РФ № 2350477. Способ получения изделий из отходов шишек хвойных деревьев и композиция из этих отходов для получения изделий / Богатищев Р.М., Ганжа В.В., Никитченко М.Н. // опубл. 27.03.2009. Бюл. № 9.
3. Патент РФ № 2723780. Способ получения изделий с модифицированными оболочками овса / Крахмалев В.А., Коньшин В.В., Афаньков А.Н. // опубл. 17.06.2020. Бюл. № 17.
4. Коренева Н.В., Коньшин В.В., Афаньков А.Н., Крахмалев В.А., Беушев А.А. Получение декоративных плитных материалов на основе опилок сосны обыкновенной // Ползуновский вестник. – 2021. – № 1. – С. 154–160. – DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.01.022.
5. Коньшин В.В., Афаньков А.Н., Буйко О.В., Гущина Е.Н., Серских И.А. Использование отходов сельского хозяйства при производстве декоративных плитных материалов // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Качество. Технологии. Инновации» / М-во науки и высшего образования Российской Федерации, Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2023. – С. 131-136.
6. Efanov M.V., Kon'shin V.V., Sinitsyn A.A. Production of Composite Materials from Peat and Wood by explosive Autohydrolysis // Russian Journal of Applied Chemistry. 2019. Т. 92. № 1. С. 45-49. – DOI: 10.1134/S1070427219010063.
7. ГОСТ 10635-88. Плиты древесностружечные. Методы определения предела прочности и модуля упругости при изгибе. – Москва: Изд-во стандартов, 1988. – с. 6.
8. ГОСТ 7025-78. Методы определение водопоглощения и морозостойкости. – Москва: Изд-во стандартов, 1978. – с. 9.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ С НИЗКОМОДУЛЬНЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ

А.О. Мурашов¹, А.И. Панченко²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹alekzandr-mur@mail.ru

²alex250354@gmail.com

Аннотация

Объектом исследования является матрица мелкозернистого бетона – цементный камень с распределенными в его объеме низко модульными включениями, представляющими собой полые полимерные микросферы Expancel 461WET40d36 фракции 30-50 мкм.

Целью работы является определение параметров механики разрушения, характеризующих способность материала противостоять развитию трещин. Экспериментально получены коэффициенты интенсивности напряжений и значения критической длины трещины для цементного камня с различным содержанием полых полимерных микросфер.

По результатам исследования установлено, что критическая длина трещины для цементного камня представленного минералогического и химического состава находится в пределах 0,34-0,41 мм. Данные характеристики в дальнейшем будут использованы для расчета состава мелкозернистого бетона с высокой морозостойкостью.

ВВЕДЕНИЕ

Важным направлением развития строительного материаловедения является получение бетонов с повышенными эксплуатационными характеристиками. Значительная часть бетонных и железобетонных конструкций на территории России эксплуатируется в условиях знакопеременных температур, следовательно, одной из ключевых характеристик, обеспечивающей их долговечность, является морозостойкость.

Одним из способов повышения морозостойкости бетона является применение воздухововлекающих добавок [1–3]. Такой подход к повышению морозостойкости бетона основан на теории, разработанной Т. Пауэрсом в начале второй половины XX века [4,5].

Однако многими авторами отмечается повышение морозостойкости бетона после добавления в его состав низко модульных включений, например, частиц графита [6], резиновой крошки [7,8], полых полимерных микросфер [9,10]. Такие включения повышают трещиностойкость бетона, что способствует замедлению его морозной деструкции [10,11].

Процессы развития трещин в твердом теле описывает механика разрушения, следовательно, целесообразно рассматривать процесс морозного разрушения бетона с позиций механики разрушения.

Для проектирования состава бетона высокой морозостойкости с позиций механики разрушения необходимо определить коэффициент интенсивности напряжений и значение критической длины трещины для цементной матрицы, которая является средой распространения трещин в процессе морозного разрушения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Образцы-балочки размерами 40x40x160 мм изготавливались из портландцемента ЦЕМ I 42,5Н ГОСТ 31108-2020 «Цементы общестроительные. Технические условия».

Контрольные образцы хранились при 100% влажности и температуре воздуха 20°C в течение 28 суток, после чего проводились испытания.

Минералогический состав клинкера представлен в табл. 1.

Табл. 1. Минералогический состав клинкера.

Содержание минералов, %			
C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
60,0	12,0	3,0	21,0

Химический состав портландцементного клинкера представлен в табл. 2.

Табл. 2. Химический состав клинкера.

Содержание основных оксидов, %					
CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃
62,75	20,10	4,56	8,72	1,99	0,57

Для повышения подвижности контрольных составов 7 и 8 применялся суперпластификатор Гиперпласт. В составы 2-5 были добавлены включения с низким модулем упругости - полые полимерные микросферы Exrapcel 461 WET 40 d36 фракции 30-50 мкм рис.1.

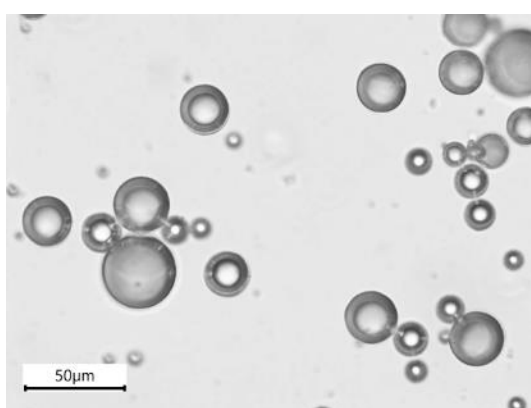


Рис. 1. Полые полимерные микросферы

Экспериментальные составы представлены в табл. 3.

Табл. 3. Экспериментальные составы представлены.

№ состава	Цемент, доля, %	В/Ц	Пласт. Гиперпласт, % от массы цемента	Полимерные микросферы, % от объема цементного теста
1	100	0,34	-	-
2		0,34	-	2,5
3		0,34	-	1,5
4		0,34	-	0,5
5		0,34	-	0,1
6		0,39	-	-
7		0,29	0,2	-
8		0,24	0,4	-

Условный критический коэффициент интенсивности напряжений K_{Ic}^* определялся в соответствии с ГОСТ 29167-2021 по результатам испытания балочек 40x40x160 мм с надрезом 10 мм в нижней зоне.

Прочность бетона на осевое растяжение R_t определялась на образцах балочках 20x20x40 мм по ГОСТ 21153.3-85 «Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном растяжении».

Критическая длина трещины определялась в соответствии с [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты испытания контрольных образцов представлены в табл. 4.

Табл. 4. Экспериментальные составы представлены.

№ состава	Прочность на сжатие, МПа	Прочность на осевое растяжение, МПа	Плотность, кг/м ³	K_{Ic}^* , МПа*м ^{0,5}	Критическая длина трещины, $l_{кр}$ мм
1 В/Ц=0,34	43,1	5,17	2 000	0,334	0,41
2 В/Ц=0,34, МС 2,5%	36,2	4,48	1 850	0,285	0,40
3 В/Ц=0,34, МС 1,5%	38,6	4,67	1 920	0,302	0,41
4 В/Ц=0,34, МС 0,5%	40,9	4,81	1 960	0,315	0,41
5 В/Ц=0,34, МС 0,1%	42,5	4,98	1 990	0,326	0,42
6 В/Ц=0,39	36,1	4,53	1 890	0,270	0,35
7 В/Ц=0,29	55,7	6,54	2 090	0,376	0,34
8 В/Ц=0,24	73,5	8,28	2 150	0,488	0,34

При увеличении В/Ц и объемной доли микросфер коэффициент интенсивности напряжений в вершине трещины снижается, что связано с ростом количества включений с нулевой прочностью (микросферы, поры, капилляры) в т.ч. в вершине трещины.

На рис. 2 и 3 представлены графики зависимости K_{Ic}^* от В/Ц и K_{Ic}^* от объема низко модульных включений в теле цементного камня соответственно.

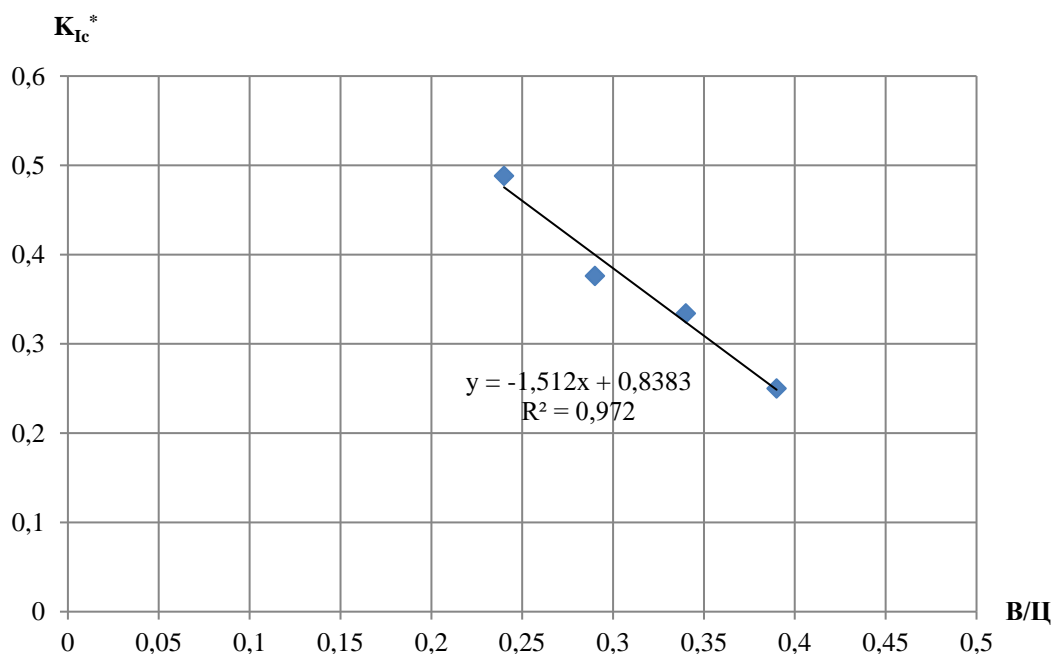


Рис. 2. Зависимость K_{Ic}^* от В/Ц

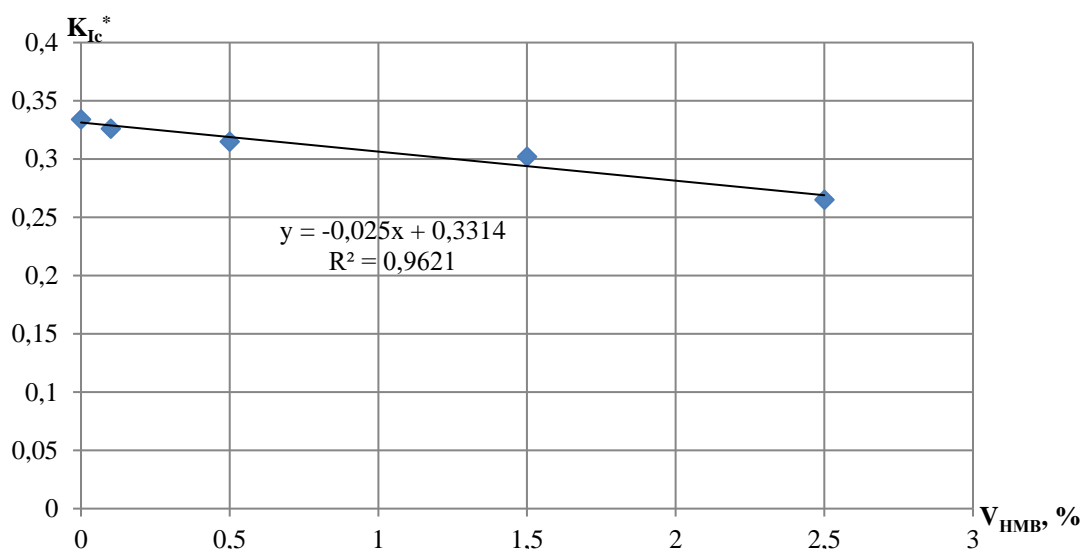


Рис. 3. Зависимость K_{Ic}^* от объема низко модульных включений в теле цементного камня

Из графиков зависимостей K_{Ic}^* от В/Ц и объема низко модульных включений следует, что повышение В/Ц оказывает более существенное влияние на снижение коэффициента интенсивности напряжений в вершине трещины, чем увеличение объемного содержания низко модульных включений. Такой эффект, вероятно, объясняется особенностями включений с нулевой прочностью: поры и капилляры образуются произвольного размера, что приводит к появлению дополнительных концентраторов напряжений вокруг пор и капилляров, размеры которых существенно отклоняются (в большую сторону) от средних по фронту трещины. Такие концентраторы напряжений являются благоприятной средой для развития трещин. Фракционный состав полимерных микросфер, в свою очередь, находится в определенном диапазоне (в нашем случае 30-50 мкм), что обеспечивает отсутствие четко выраженных концентраторов напряжений.

ВЫВОДЫ

Критическая длина трещины для цементного камня представленного минералогического и химического состава находится в пределах 0,34-0,41 мм. На основании полученных данных будут рассчитаны составы мелкозернистого бетона с высокой морозостойкостью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добышиц Л.М. Пути повышения долговечности бетонов // Строительные материалы. 2017. № 10. С. 4–9.
2. Neville A. M. Concrete Technology. Longman Group UK Limited, 1987, Reprinted 2008 (twice). Second edition, 2010. Pp. 477—483.
3. Джабаров А.С., Белов В.В. Способы создания резервной пористости в бетоне для повышения морозостойкости // Вестник Тверского государственного технического университета. 2022. №1 (13). С. 13-22.
4. Powers T. Void spacing as a basis for producing air-entrained concrete. // Journ. of Am. Concr. Inst., 1954, v.50.
5. Powers T. The mechanism of frost action in concrete. // Cement, Lime and Gravel. No.5, 1966, 41, -pp.143-148, 181-185.
6. Khushnood R.A., Nawaz A. Effect of adding graphite nano/micro platelets on salt freeze-thaw resistance of nano-modificient concrete // Mater. Res. Express. 2019. № 6.
7. Zhu X. Influence of crumb rubber on frost resistance of concrete and effect mechanism // Procedia Eng. 2011. № 27. С. 206 – 213.
8. Richardson A. и др. Crumb rubber used in concrete to provide freeze-thaw protection (optimal particle size // J. Clean. Prod. 2016. № 112. С. 599–606.
9. Wawrzenczyk J., Molendowska A., Klak A. Effect of Ground Granulated Blast Furnace Slag and Polymer Microspheres on Impermeability and Freeze-Thaw Resistance of Concrete // Procedia Eng. 2016. № 161. С. 79 – 84.
10. Панченко А.И. Критерий стойкости бетона к атмосферным воздействиям с позиций механики разрушения // ИВУЗ. Строительство. 1995. № 2. С. 55–60.

11. *Tong F.* Experimental and Theoretical Determination of the Frost-Heave Cracking Law and the Crack Propagation Criterion of Slab Track with Water in the Crack // *Appl. Sci.* 2019. № 9. С. 1–23.
12. *Зайцев Ю.В.* Механика разрушения для строителей: учебное пособие/ Ю.В. Зайцев, Г.Э. Окольников, В.В. Доркин . – 2-е изд., испр. и доп. М.: ИНФРА-М, 2022. 216 с.

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ БУРОИНЪЕКЦИОННОЙ СВАИ С УШИРЕННОЙ ПЯТОЙ НА ВЕРТИКАЛЬНУЮ ВДАВЛИВАЮЩУЮ НАГРУЗКУ

А.А. Паронко¹, М.А. Самохвалов²

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», 625000, Уральский федеральный округ, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38,

¹alexparonko@gmail.com

²sammy@yandex.ru

Аннотация

Буроинъекционные сваи (БИС) являются одной из наиболее часто используемых конструкций, предназначенных для усиления фундаментов зданий и сооружений. Технологии изготовления данных свай различны и, как правило, предусматривают устройство по длине БИС либо на ее нижнем конце уширенных элементов, предназначенных для повышения несущей способности данных свай по грунту. Основной задачей исследования является сравнение несущей способности БИС с уширением, определенной на основании аналитических расчетов, с результатами, полученными полевыми испытаниями. В данной статье представлена методика определения несущей способности БИС, имеющей на своем нижнем конце уширение, формируемое путем инъекции цементного раствора в резиновую мембрану-стакан, на вертикальную статическую вдавливающую нагрузку. На основании результатов исследования была рассмотрена и доработана методика определения несущей способности БИС с уширением. Произведя сравнение значений несущей способности, полученных полевыми испытаниями со значениями, полученными аналитическими расчетами была получена удовлетворительная сходимость результатов.

ВВЕДЕНИЕ

Опыт применения БИС насчитывает порядка восьмидесяти лет [1]. Началом их массового применения считается успешная реализация проекта строительства здания Баварского радио в г. Мюнхен (Германия), где в 1958 г потребовалось возведение глубокого котлована без использования сдерживающих опорных элементов. Используемые на данном объекте инъекционные стяжные элементы показали свою высокую эффективность, что явилось следствием их дальнейшего массового использования в разных областях строительства во всем мире.

В настоящее время одной из областей применения БИС является усиление фундаментов существующих зданий и сооружений. Основными преимуществами БИС в сравнении с традиционными методами усиления является возможность устройства БИС даже в стесненных условиях (в подвалах зданий), низкий расход раствора, высокая удельная несущая способность, а также незначительные дополнительные деформации зданий и сооружений в процессе выполнения работ по усилению фундаментов.

Последние исследования, посвященные БИС, предусматривают устройство по длине БИС либо на ее нижнем конце уширенных элементов различных форм и размеров [2-6, 9], типовые примеры которых, в соответствии с ГОСТ Р 57342-2016 «Микросваи. Правила производства работ», представлены на рис. 1.

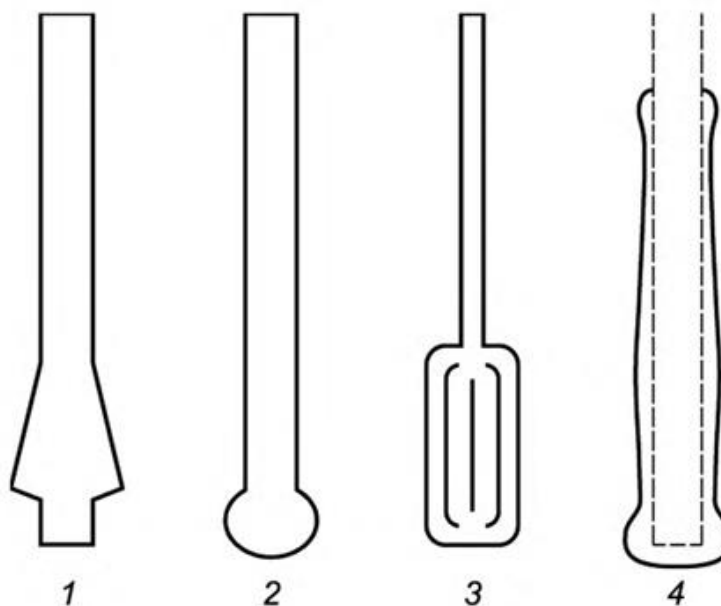


Рис. 1 – Примеры уширения основания и ствола БИС:
 1, 2 – БИС с уширенной пятой; 3 – БИС с уширенным стволом; 4 – БИС с расширением путем цементации

Появление новых, а также исследование и доработка существующих технологий устройства БИС [7-11], включая разработку методики определения несущей способности на вертикальную и наклонные нагрузки, а также аналитического метода расчета осадки данных БИС, свидетельствует об актуальности выбранной темы исследования.

Исследованием методик определения несущей способности БИС на вертикальную нагрузку в разное время занимались: З. Ф. Аббас, А. А. Бартоломей, Б. В. Бахолдин, А. Л. Готман, Х. А. Джантимиров, А. И. Егоров, В. В. Конюшков, Э. В. Костерин, Ф. К. Лапшин, А. А. Луга, Р. А. Мангушев, Н. С. Несмелов, Г. Ф. Новожилов, А. И. Осокин, В. Н. Парамонов, А. Б. Пономарев, Я. А. Пронозин, Ю. В. Россихин, М. А. Самохвалов, С. Н. Сотников, В. М. Улицкий, А. Б. Фадеев и др. [2, 3, 7, 8, 12, 13], однако вопросы, связанные с определением несущей способности БИС с уширением, в частности в водонасыщенных пылевато-глинистых грунтах, требуют дальнейшего рассмотрения.

Одной из последних работ, посвященных определению несущей способности БИС, являются исследования Сального И. С. [3], в которой автор систематизировал основные подходы, разработанные отечественными и зарубежными авторами, для определения несущей способности БИС по грунту основания. В своих исследованиях несущую способность БИС на действие вдавливающей нагрузки автор определяет по формуле, представленной в СП 24.13330:

$$F_d = u \cdot \sum_{i=1}^n \gamma_{cf,i} \cdot f_i \cdot h_i + \gamma_{cR} \cdot R \cdot A$$

По результатам исследования автором была доказана хорошая сходимость несущей способности БИС по нижнему концу, определенную по формуле из СП 24.13330 с экспериментально-теоретическими данными, в среднем отклонение составило 12%.

Целью данного исследования является разработка методики определения несущей способности БИС с уширением, учитывающий работу грунта вокруг сформированной уширения, без учета несущей способности по стволу БИС.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время нормативными документами, в частности п.7.2.10 СП 24.13330 «Свайные фундаменты», несущую способность БИС с уширением предлагается определять по формуле:

$$F_d = \gamma_c \cdot (\gamma_{R,R} \cdot R \cdot A + \gamma_{R,f} \cdot u \cdot \sum \cdot f_i \cdot h_i), \quad (1)$$

где $\gamma_c, \gamma_{R,R}, \gamma_{R,f}$ – коэффициенты условий работы (БИС в грунте, работы грунта под нижним концом и по боковой поверхности);

R, f_i – расчетное сопротивление грунта под нижним концом БИС и сопротивление грунта по боковой поверхности, кПа;

A, u – площадь опирания БИС на грунт, см^2 и периметр поперечного сечения БИС, см;

h_i – толщина слоя грунта, соприкасающегося с БИС, см.

Для определения несущей способности БИС с уширением, воспользуемся методикой, представленной в работе Самохвалова М.А. [10, 14], для чего приведем формулу 1 к следующему виду:

$$F_d = F_d^{\text{пяты}} + F_d^{\text{бок}} = \gamma_c \cdot (\gamma_{R,R} \cdot R_{\text{уш}} \cdot A_{\text{сеч}} + \gamma_{R,f} \cdot u \cdot \sum \cdot f_{\text{бок}} \cdot h_i), \quad (2)$$

где $R_{\text{уш}}$ – расчетное сопротивление грунта под уширением БИС, кПа, определяется по формуле:

$$R_{\text{уш}} = \sigma_{r1}^{\text{обж}} \cdot \left(\frac{1 + \sin\varphi}{1 - \sin\varphi} \right) + 2 \cdot c_{\text{упл1}} \cdot \left(\frac{\cos\varphi}{1 - \sin\varphi} \right),$$

где $\sigma_{r1}^{\text{обж}}$ – радиальные напряжения, вызванные упругими силами противодействия грунта, которые стремятся вернуть его в исходное состояние, кПа

$$\sigma_{r1}^{\text{обж}} = p_{\text{кр1}} + \sigma_{01},$$

где $p_{\text{кр1}}$ – критическое давление, кПа [10, 14];

σ_{01} – горизонтальное боковое реактивное давление от собственного веса грунта, кПа:

$$\sigma_{01} = \frac{2 \cdot \left(\gamma_{\text{гр}} \cdot z \cdot \frac{v}{1-v} \right) + \gamma_{\text{гр}} \cdot z}{3},$$

где $\gamma_{\text{гр}}$ – удельный вес грунта, кН/м^3 ;

z – глубина формирования уширения, м;

v – коэффициент Пуассона:

$$v = 0,1 \cdot (1 + 3 \cdot I_L)$$

φ – угол внутреннего трения грунта, град;

$c_{\text{упл1}}$ – удельное сцепление грунта, кПа.

$A_{\text{сеч}}$ – площадь поверхности уширения БИС, см^2 , принимаемая равной 1/4 площади полуэллипсоида.

Физико-механические характеристики грунта строительной площадки, на которой проводились полевые испытания грунтов БИС с уширением представлены в таблице 1. Результаты расчетов по выше рассмотренной методике, а также значения фактической несущей способности БИС с уширением представлены в табл. 2.

Табл. 1. Физико-механические характеристики грунта основания БИС с уширением

Вид грунта	Удельный вес грунта γ , кН/м^3	Показатель текучести I_L	Удельное сцепление $c_{\text{упл1}}$, кПа	Угол внутреннего трения φ , град
Суглинок	18,2	0,85	18	15

Табл. 2. Результаты определения несущей способности БИС с уширением

Глубина формирования уширения, м	Объем уширения, л	Площадь, см ²	$R_{уш}$, кПа	F_d , кН	
				по рассмотренной методике	фактическая
3,0	50	2599	181,48	47,17	60
2,5	50	2329	170,66	39,75	50
2,0	50	2552	159,84	33,39	40

ВЫВОДЫ

Установлено, что расчетные значения несущей способности БИС с уширением, определенной на основании требований СП 24.13330, отличаются от фактических значений, полученных на основании серии проведенных полевых испытаний на 20÷27%.

Применение рассматриваемой методики определения несущей способности БИС с уширением требует дальнейшего изучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Lizzi F.* Root-pattern piles underpinning. Proc. symposium on bearing capacity of piles. Roorkee. 1964;
2. *Джантимиров Х.А.* Разработка конструкций и методов расчета буроинъекционных свай: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / Джантимиров Христофор Авдеевич. – Москва. 1985. 166 с.;
3. *Сальний И.С., Пронозин Я.А., Волосюк Д.В.* Влияние технологии изготовления и типа армирования буроинъекционных свай на их несущую способность // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений : Материалы 18-ой Международной научно-практической конференции, Новочеркасск, 22 октября 2019 года. – Новочеркасск: ООО «Лик». 2019. С. 183-186;
4. *Самохвалов М.А. Гейдт А.В., Паронко А.А.* Обзор существующих конструкций буроинъекционных анкерных свай // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14. – № 12. – С. 1530-1554;
5. *Соболевский Д.Ю.* Уширение скважин при устройстве корней буроинъекционных анкеров в песке // Основания и фундаменты в условиях слабых и пучинистых грунтов: межвуз. Темат. Сб. трудов – Л.: ЛИСИ. 1984. С. 42-48;
6. *Соколов Н.С.* Подходы к увеличению несущей способности буроинъекционных свай усиления // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции. 2016. С. 304-315;
7. *Аббас З.Ф.* Натурные исследования буроинъекционных свай // Межвузовский тематический сборник трудов ЛИСИ. – Л.: ЛИСИ. 1990. С. 25-29;
8. *Бахолдин Б.В.* Исследование работы буроинъекционных свай // Межвузовский тематический сборник трудов Пермь. 1978. С. 32-27;
9. *Никитенко М.И.* Буроинъекционные анкеры и сваи при строительстве и реконструкции зданий и сооружений. Монография. Минск: БНТУ. 2007. 580 с.;
10. *Пронозин Я.А., Самохвалов М.А.* Расчёт взаимодействия буроинъекционных свай с грунтовым основанием // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2018. № 2. С. 14-17;
11. *Полищук А.И., Чернявский Д.А.* Расчет несущей способности буроинъекционных конических свай в глинистых грунтах // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2020. № 4. С. 2-7;
12. *Мангушев Р.А., Кошман А.В.* Об определении несущей способности буронабивных и буроинъекционных свай // Материалы 54-ой научной конференции. – СПб.: СПбГАСУ. 1997. С. 23-24;
13. *Конюшков В.В., Улицкий В.М.* Оценка несущей способности буроинъекционных свай // Вестник гражданских инженеров. 2007. № 2(11). С.52-57;
14. *Самохвалов М.А.* Взаимодействие буроинъекционных свай, имеющих контролируемое уширение, с пылевато-глинистым грунтовым основанием: дис. канд. техн. наук: 05.23.02 / Самохвалов Михаил Александрович, ТюмГАСУ. Тюмень. 2016. 210 с..

ВЛИЯНИЕ ЦИТРАТА НАТРИЯ НА СВОЙСТВА МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА

В.Г. Соловьев¹, В.А. Швецова¹

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹s_vadim_g@mail.ru

²wishhuma@mail.ru

Аннотация

В рамках данной работы исследовано влияние цитрата натрия на тепловыделение цементного теста и твердение бетона на смешанном вяжущем при отрицательной температуре воздуха. Изменение температуры цементного теста определялось в условиях, близких к адиабатическим. Твердение образцов из мелкозернистого бетона осуществлялось в климатической камере, способной поддерживать отрицательную температуру воздуха -18 °С. Установлено, что введение цитрата натрия в количестве 2,5% позволяет достигнуть 98 °С спустя 2 часа 26 минут после затворения водой, однако, не позволяет набрать критическую прочность при твердении при температуре -18 °С. При добавлении 5% цитрата натрия максимальная температура 101,9 °С наступает через 1 час твердения и позволяет набрать 21,1% прочности бетона за двое суток твердения при температуре -18 °С.

ВВЕДЕНИЕ

Территория Российской Федерации поделена на 5 климатических областей: умеренно-континентального, континентального, резко-континентального, мусонного и морского климата. В области резко-континентального климата (Якутск, Чита, Иркутск) перепад температур составляет до 100 градусов: от +40 градусов летом до -60 градусов зимой. Строительно-монтажные работы (СМР) в таких регионах ведутся не более 5 месяцев в году, что значительно замедляет темпы строительства и освоения этих земель. Даже в Москве продолжительно СМР составляет не более 7 месяцев в году.

Для осуществления СМР в зимний период используются противоморозные и ускоряющие добавки для бетонов. Их применение связано с многими проблемами, например, со спадом прочности с приходом тепла (поташ), коррозией бетона и арматуры (хлорид натрия и кальция) и т.д.

Применение противоморозных добавок и добавок-ускорителей твердения регламентировано СП 70.13330.2012 только в совокупности с методом термоса. К допускаемым к использованию добавкам относятся нитрит натрия, поташ, нитрат натрия, нитрат кальция, мочевины, соединение нитрита кальция с мочевиной. В зависимости от температуры окружающей среды они вводятся в количествах от 2 до 12% от массы цемента.

Цитрат натрия — натриевая соль лимонной кислоты $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$. В строительном материаловедении цитрат натрия рассматривается большинством исследователей в качестве добавки-замедлителя твердения цемента или ингибитора коррозии арматуры [1,2]. Количество цитрата натрия в этом случае равняется 0 - 0,5% от массы вяжущего. Yu Liu и др. установлено, что введение цитрата натрия в количествах 0 – 0,2% от массы вяжущего замедляет гидратацию клинкерных минералов, что приводит к снижению прочности бетона на ранних сроках твердения [3]. Shwarz и др. предположили, что цитрат способствует растворению ферритных фаз. Лимонная кислота и ее соли обычно используются в качестве замедлителей гидратации цемента, но в высоких дозах могут действовать как ускорители [4-7]. В работе [8] исследовано влияние цитрата натрия на свойства глиноземистого цемента. Авторами установлено, что добавка увеличивает степень гидратации глиноземистого цемента и уплотняет структуру цементного камня. Оптимальное количество добавки – до 10% от массы цемента.

Целью данной работы являлось исследование влияния цитрата натрия на свойства мелкозернистого бетона, изготовленного из смешанного вяжущего.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Смешанное вяжущее было изготовлено из портландцемента и глиноземистого цемента:

- портландцемент ЦЕМ I 52,5Н от производителя Akkermann, Россия (ПЦ);
- глиноземистый цемент SRB400 от производителя Kerneos, Франция (ГЦ).

Физико-механические характеристики цементов представлены в таблице 1.

Табл. 1. Физико-механические характеристики цементов

Тип цемента	Уд. поверхность, см ² /г	Истинная плотность, г/см ³	Нормальная густота цементного теста, %	Начало схватывания, мин	Конец схватывания, мин	Предел прочности при сжатии 28 сут., МПа	Предел прочности при изгибе 28 сут., МПа
ЦЕМ I 52,5Н	3533	3,158	31,25	134	192	60,9	6,2
SRB400	3011	3,216	26,75	110	279	60,3	6,4

В качестве добавки-ускорителя твердения был использован цитрат натрия (ЦН) по ГОСТ 31227-2013, в качестве пластификатора – порошкообразный пластификатор Sika 226P. Состав мелкозернистого бетона приведен в таблице 2.

Табл. 2. Состав мелкозернистого бетона на 1 м³

Состав	Соотношения компонентов от количества вяжущего	10/90 + ЦН 2,5%	10/90 + ЦН 5%
Портландцемент	90 %	782,1	782,1
Глиноземистый цемент	10 %	86,9	86,9
Вода	23 %	199,9	199,9
Микрокремнезем МК-85	15 %	130,4	130,4
Микрокальцит 100 мкм	20 %	173,8	173,8
Песок кварцевый фракции 0,1-0,4, 0,4-0,8 мм	123 %	1051	1051
Пластификатор Sika 226P	2 %	17,4	17,4
ЦН	2,5 % / 5 %	21,7	43,5

Определение тепловыделения цементного теста производилось в условиях, близким к адиабатическим, при помощи калориметра, термопары и регистрирующего устройства.

Бетонная смесь изготавливалась при помощи лабораторного растворосмесителя Controls Automix. Все добавки вводились в воду затворения и перемешивались до полного растворения. Прочность при сжатии образцов из мелкозернистого бетона определялась в соответствии с ГОСТ 10180 при помощи серво-гидравлической системы Controls. Первые двое суток твердения при -18 °С образцы находились в испытательной камере тепла/холода/влажности Weiss WK3-180/70. До достижения 28 суток образцы хранились в шкафу нормального твердения CuraSem (t=20±2 °С, φ=95-100%).

Все экспериментальные работы были выполнены в лаборатории кафедры Строительного материаловедения НИУ МГСУ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Температура цементного теста

Для определения изменения температуры было изготовлено цементное тесто из смешанного вяжущего (соотношение ГЦ/ПЦ=10/90), воды (водовяжущее соотношение

В/В=0,3) и добавки-ускорителя твердения цитрата натрия. Ранее авторами были исследованы свойства цементного теста с различным соотношением ГЦ/ПЦ [9].

Максимальная температура контрольного состава была достигнута через 7 ч 27 минут и равнялась 66,8 °С. Добавка цитрата натрия в количестве 2,5 % от массы цемента позволила ускорить наступление максимальной температуры в 3,06 раза (2 ч 26 мин) и увеличить максимальную температуру на 31,2 °С (до 98 °С). При добавлении 5 % цитрата натрия максимальная температура равнялась 101,9 °С (на 35,1 °С выше, чем у контрольного состава), время наступления максимальной температуры составило 1 ч, что в 7,45 раз быстрее, чем у контрольного состава (рисунок 1).

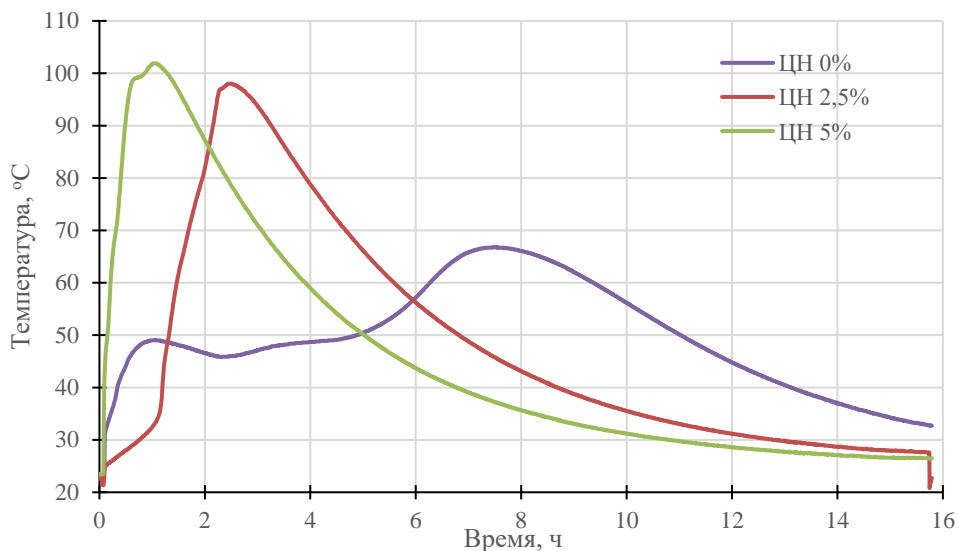


Рис. 1. График изменения температуры от времени для цементного теста с содержанием цитрата натрия 0, 2,5, 5 % от массы цемента

2. Прочность при сжатии образцов бетона из мелкозернистого бетона

Образцы твердели 2 суток при температуре -18 °С. Все компоненты бетонной смеси имели одинаковую комнатную температуру 23±1 °С. Температура металлических форм перед укладкой бетонной смеси равнялась 0... -5 °С. Формы не укрывались никакими теплоизоляционными материалами. Часть образцов затем была оттаяна до температуры +5 °С и испытана на сжатие (рисунок 2), часть – после распалубки твердела еще 26 суток при нормальных условиях.

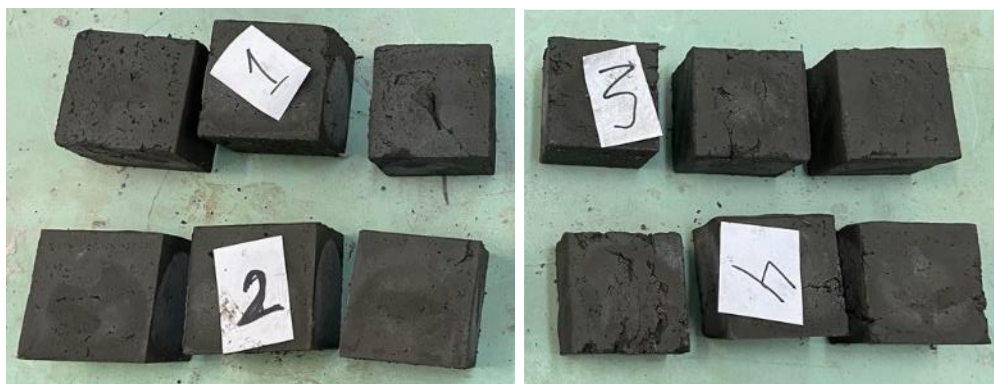


Рис. 2. Образцы до испытания на 2 суток: 1,2 – содержание ЦН 2,5%, 3,4 – содержание ЦН 5%

Полученные данные представлены в таблице 3.

Табл. 3. Результаты испытаний образцов на сжатие

Серия	№ образца	Температура и время выдержки до испытания	Прочность при сжатии, МПа	Прочность при сжатии серии, МПа
10/90+ЦН 2,5%	1	2 суток при -18 °С	0,4	0,5
	2	2 суток при -18 °С	0,5	
	3	2 суток при -18 °С	0,5	
	1	2 суток при -18 °С, 26 суток при +22 °С	65,8	62,2
	2	2 суток при -18 °С, 26 суток при +22 °С	59,7	
	3	2 суток при -18 °С, 26 суток при +22 °С	61,1	
10/90+ЦН 5%	1	2 суток при -18 °С	15,8	15,3
	2	2 суток при -18 °С	14,8	
	3	2 суток при -18 °С	15,2	
	1	2 суток при -18 °С, 26 суток при +22 °С	70,9	72,4
	2	2 суток при -18 °С, 26 суток при +22 °С	71,9	
	3	2 суток при -18 °С, 26 суток при +22 °С	74,4	

Прочность при сжатии образцов через двое суток твердения при -18 °С с 2,5 % ЦН в 30,6 раз меньше, чем прочность образцов с 5 % ЦН. Через 28 суток прочность образцов с 2,5 % ЦН на 14,1% ниже, чем прочность образцов с 5 % ЦН.

ВЫВОДЫ

Целью данной работы являлось определение влияния цитрата натрия на способность бетона твердеть при низкой температуре окружающего воздуха. В результате проведенных экспериментов установлено, что:

1. Введение цитрата натрия в количестве 2,5 % от массы вяжущего повышает максимальную температуру цементного теста на 31,8% с 66,8 °С до 98 °С. Увеличение количества цитрата натрия до 5 % не приводит к значительному увеличению максимальной температуры (максимальная температура увеличивается на 3,8%: с 98 °С до 101,9 °С);

2. Введение цитрата натрия в количестве 2,5 % от массы вяжущего ускоряет наступление максимальной температуры разогрева цементного теста в 3,06 раза по сравнению с контрольным составом. Увеличение количества цитрата натрия до 5 % позволяет сократить время разогрева цементного теста до максимальной температуры еще в 2,43 раза;

3. Введение цитрата натрия в количестве 2,5 % от массы вяжущего не позволяет критически повлиять на кинетику набора прочности бетона при температуре -18 °С: прочность бетона через 2 суток составляет 0,8% от прочности на 28 суток. При введении цитрата натрия в количестве 5 % через 2 суток бетона набирает 21,1% от прочности бетона на 28 суток.

Из литературного обзора следует, что ранее цитрат натрия большинством исследователей рассматривался в качестве ингибитора коррозии стальной арматуры. Проведенное исследование показывает, что при введении цитрата натрия в количестве 5% от массы вяжущего он является эффективным ускорителем твердения бетона. В дальнейшем авторами планируется шире изучать свойства бетонов и бетонных смесей, формирование цементного камня в присутствии цитрата натрия как при положительных, так и при отрицательных температурах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Quraishi M.A., Nayak D.K., Singh B.N., Kumar V. and Pandey K.K.* Experimental Studies on Effects of Sodium Citrate, Calcium Nitrite and Hexamine as Corrosion Inhibitor in Concrete // *Journal of Steel Structures & Construction*. 2016. V. 2. I. 2. DOI: 10.4172/2472-0437.1000117.
2. *Zaki N. Kadhim, Alaa K. Ibraheem, Mohammed J. Al-assadi.* Effect of Citrate Salts of Li+, Na+ and K+ on Some Physical Properties of Ordinary Portland Cement (OPC) // *Journal of Materials & Applied Science*. 2017. V. 1. I. 1.
3. *Yu Liu, Lei Huang, Mengyuan Li, Peiyu Yan.* The effects of sodium citrate on compressive strength and paste microstructure of self-compacting concrete // *Construction and Building Materials*. 2020. V. 260. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120467.
4. *A.Uğur ÖZTÜRK.* Effects of Admixtures on Hydration Heat of Cement Paste // *D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*. 2007.
5. *Roar Myrdal.* Accelerating admixtures for concrete. State of the art // *Sintef Report*. 2007. 35 с.
6. *Guibo Gao, Shitao Yan, Yongwei Wang, Chuanbo Liu.* Study on Compatibility of Polycarboxylates Superplasticizer with Different kinds of Retarders // *Advanced Materials Research*. 2012. V. 450-451. pp 543-547. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.450-451.543.
7. *Леонович С.Н., Щукин Г.Л., Карпушенко С.А.* Компенсация усадки пенобетона // *Строительные материалы*. 2015.
8. *Леонович С.Н., Свиридов Д.В., Щукин Г.Л., Беланович А.Л., Савенко В.П., Карпушенко С.А., Ким Л.В.* Формирование цементного камня из глиноземистого цемента в присутствии цитрата натрия // *Вестник инженерной школы ДВФУ*. 2016. № 4. Т. 29. С. 117—123.
9. *Соловьев В.Г., Швецова В.А., Нгуен З.Т.Л.* Исследование свойств смешанного вяжущего на основе портландцемента // *Техника и технология силикатов*. 2023. Т. 29. № 3. С. 359-369.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В КРУПНОПАНЕЛЬНОМ ДОМОСТРОЕНИИ

А.И. Лопаева

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

Аннотация

Крупнопанельному домостроению отведено значимое место в массовом жилищном строительстве на территории нашей страны, начиная с XX-го века. В последнее десятилетие в России активно рассматриваются и внедряются программы реновации жилищного фонда из-за роста морального и физического износа существующих зданий. Возрождение интереса к данной технологии создает благоприятную почву для ускорения преобразования облика городов и повышения уровня жизни населения. Крупнопанельное домостроение может сыграть важную роль в решении вопроса жилищного фонда России.

В статье рассматриваются современные технологические решения, применяемые в крупнопанельном домостроении. Отмечены достоинства данной технологии строительства и ее слабые стороны. Рассмотрены основные конструктивные системы и элементы зданий. Перечислены наиболее интересные достижения в развитии данной области. Полученные данные структурированы и позволяют выделить наиболее востребованные и значимые направления совершенствования крупнопанельного домостроения.

ВВЕДЕНИЕ

После резкого снижения объемов крупнопанельного домостроения в начале 21-го века в России, связанного с отсутствием гибкости производства, однообразием архитектурных и объемно-планировочных форм, изменением нормативных требований в области энергоэффективности, пожарной безопасности, доступности для маломобильных групп населения, в настоящее время оно вновь набирает популярность и динамично развивается. [1]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Целью работы является определение технологических решений крупнопанельного домостроения, применяемых в массовом жилом строительстве в настоящее время. Предполагается рассмотреть основные конструктивные системы и элементы крупнопанельных зданий, которые представляют собой пути решения недостатков данной технологии строительства и производства, которые остаются актуальными еще с конца XX-го века.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основными преимуществами крупнопанельного домостроения являются:

- Высокая скорость производства за счет большого уровня заводской готовности
- Экономичность производства за счет унификации и стандартизации применяемых конструктивных элементов
- Простота строительства за счет типовых решений узлов соединения конструкций и технологии их монтажа

Несмотря на универсальность и преимущества данной технологии строительства, для проектных институтов и компаний до сих пор остаются актуальными направления совершенствования крупнопанельного домостроения, поставленные еще в конце XX-го века. Повышение надежности зданий по прочностным характеристикам, повышение эксплуатационных качеств и уровня заводской готовности, повышение уровня архитектурной и планировочной вариативности являются главными из них.

Конструктивные системы крупнопанельных зданий

Наибольшее распространение на данный момент в массовом жилом строительстве получили системы панельные бескаркасные с поперечными несущими стенами. (Рис.1) Данная система позволяет снизить нагрузку от плит перекрытий и конструкций вышележащих этажей на наружные стеновые панели, что является экономически целесообразным, потому что помимо прочностных характеристик, к наружным панелям предъявляются высокие требования по теплотехническим качествам.

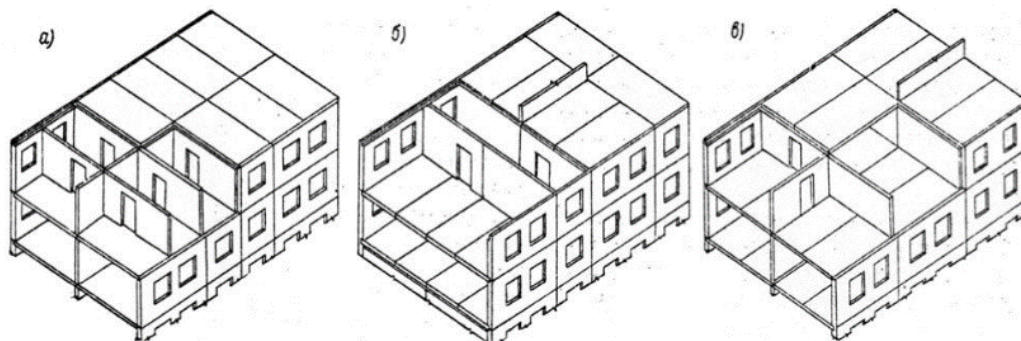


Рис.1 Варианты бескаркасной поперечно-стеновой конструктивной системы:
а – с малым шагом; б – со смешанным шагом; в – с большим шагом стен.

Плиты перекрытий крупнопанельных зданий

Перекрытия и покрытия в крупнопанельных зданиях состоят из сборных железобетонных плит. Выбор размеров применяемых панелей зависит от шага несущих стен, они могут перекрывать всю комнату при малом пролете либо складываться в сплошной настил при пролетах, превышающих максимальную ширину панели плиты. Стандартные размеры сборных плит варьируются в пределах: ширина – от 1 до 6,6 м; длина – от 3 до 9 м; толщина от 120 до 220 мм.[2] Главные требования предъявляемые к плитам перекрытий - это обеспечение требуемой прочности конструкции, огнестойкости, а также звукоизоляции. Интересным решением является применение сборных панелей плит перекрытий с использованием минераловатных вкладышей.[3] Конструкция таких плит состоит из тяжелого железобетона, разделенного в среднем слое утеплителем. Минераловатный утеплитель обладает высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами, устойчив к огневому воздействию. Также он позволяет уменьшить общий вес и бетоноемкость панели. Пример плана и разреза сборной плиты перекрытия такого типа приведен на рис. 2.

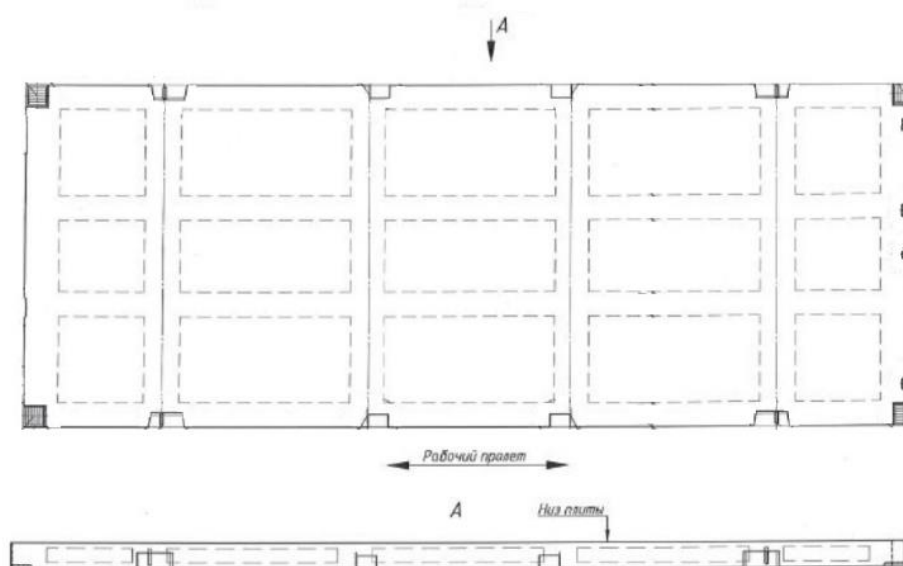


Рис.2 Сборная железобетонная плита перекрытия с минераловатными вкладышами

Также сборных плитах перекрытия нашла применение перенапрягаемая арматура, свойства которой позволяют повысить прочность конструкции, уменьшить расход арматуры, а также уменьшить толщину плиты, тем самым увеличивая допустимую высоту этажа.[4]

Панели наружных стен

К панелям наружных стен зданий предъявляется наибольшее количество требований в плане технических, эксплуатационных и эстетических качеств. Они должны обеспечивать нормальный микроклимат помещений, выдерживать собственный вес, вес вышележащих конструкций, быть устойчивыми к атмосферным воздействиям, а также обладать архитектурной выразительностью фасадов.

В настоящий момент наибольшее распространение получили трехслойные стеновые панели, состоящие из внешнего и внутренних слоев железобетона, соединенными между собой стальными связями, и среднего слоя эффективной теплоизоляции из пенополистирола. (Рис. 3) Они имеют высокую заводскую готовность за счет того, что поступают на строительную площадку с вставленными и остекленными переплетами, оконными отливами, и подоконными досками. В отличие от предшественников, современные панели чаще являются ненесущими конструкциями, благодаря чему появилась возможность преобразовать вставку утеплителя в полноценный теплоизоляционный слой, а также сократить толщину изделия. [5-6]

Одной из главных проблем наружных стеновых панелей, применяемых ранее, являлась однообразность и безликость фасадов зданий. На данный момент фасадные стеновые панели выпускаются с завода с готовой облицовкой из материалов, предусмотренных проектом, что существенно снижает трудозатраты на устройство ограждающих конструкций на стройплощадке, позволяет комбинировать цвета и поверхности фасадов и обеспечивать широкое архитектурное разнообразие внешнего вида зданий. (Рис. 4)

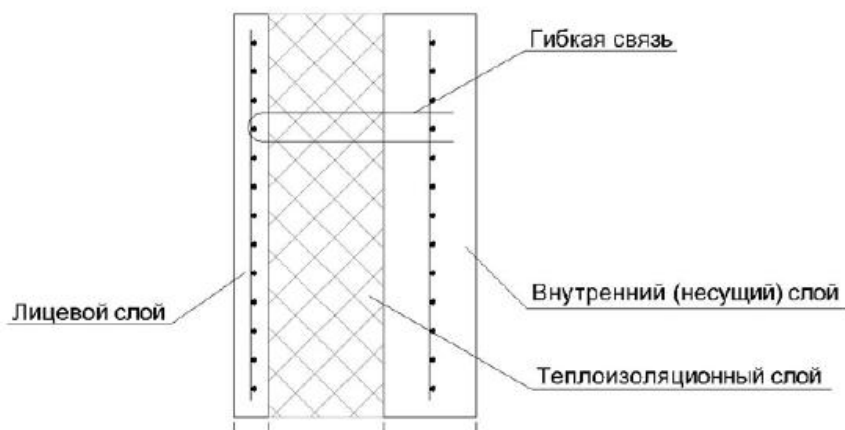


Рис. 3 Конструктивная схема трехслойной стеновой панели



Рис. 4 Наружная стеновая панель с заводской облицовкой

Немаловажное значение имеет разрезка фасада здания при применении наружных стеновых панелей. (Рис.5) Наиболее эффективной является поэтажная разрезка с длиной панели на две, при необходимости на одну, комнаты с проемами. Это объясняется тем, что горизонтальные стыки являются более герметизированными по сравнению с вертикальными, за счет давления на них вышележащих панелей. И именно при горизонтальной разрезке протяженность горизонтальных швов в пределах длины одной панели максимальна.

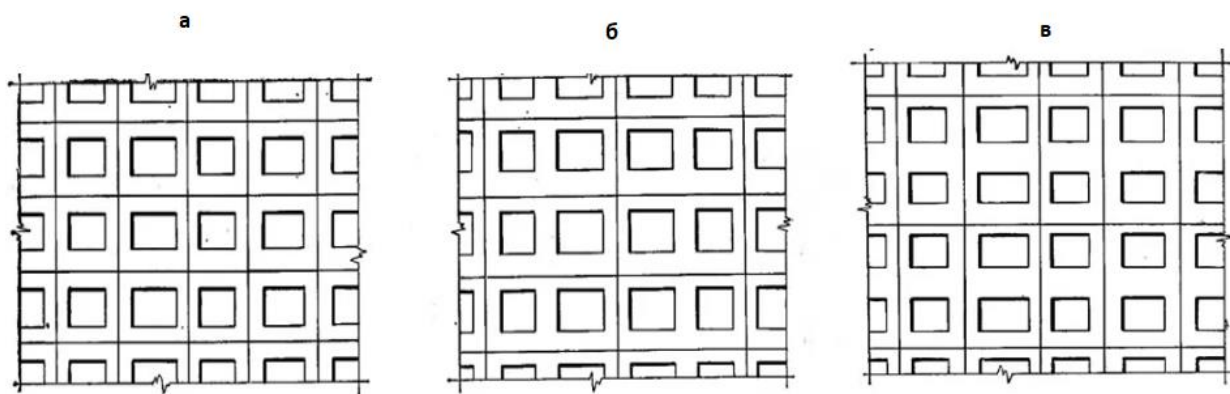


Рис.5 Схемы разрезки наружных стен жилых зданий:
а – горизонтальная на одну комнату; б – то же, на две комнаты; в – вертикальная

Межпанельные стыки в крупнопанельных зданиях

Стыки наружных панелей являются самыми уязвимыми местами крупнопанельных зданий. К ним предъявляются высокие требования по водо- и воздухопроницаемости, а также сопротивление теплопередачи. Данные качества обеспечиваются за счет применения герметизирующих мастик, уплотняющих и теплоизоляционных материалов, а также грунтовочных составов. В настоящее время, помимо применения современных качественных и эффективных материалов, данная проблема решается за счет формы наружных стеновых панелей, благодаря тому, что теплоизоляционный слой панели полностью закрывает торец плиты перекрытия, смежные панели образуют единый контур утепления тем самым значительно снижая возможность возникновения мостиков холода в фасаде здания. Примеры современных стыков наружных фасадных панелей приведены на рис. 6.[7]

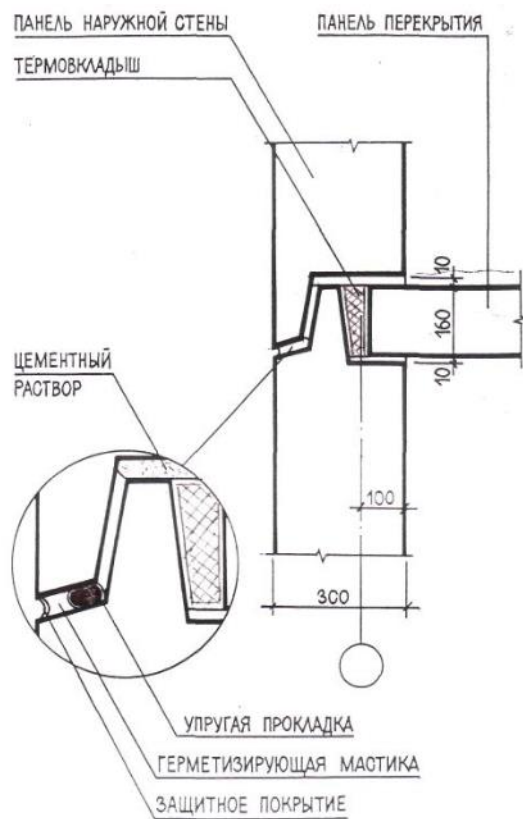


Рис. 6 Горизонтальный стык наружных стеновых панелей

Также к современным технологиям в крупнопанельном домостроении относятся все большее производство готовых блоков сантехнических узлов, лифтовых шахт, лоджий и балконов с полной отделкой, требующих на строительной площадке помимо установки в проектное положение только подключение к основным коммуникациям здания. (Рис. 7)



Рис. 7 Сантехнический блок, применяемый в старых и новых крупнопанельных зданиях

ВЫВОДЫ

Перечисленные выше технологические решения являются важной частью развития крупнопанельного домостроения по различным направлениям, для структуризации информации они были сведены в таблицу 1, отражающей к каким направлениям развития относится каждая из перечисленных технологий.

Табл. 1. Современные технологические решения крупнопанельного домостроения и к каким направлениям развития они относятся

Технологические решения	Область проблем, которые решают
Панели плит перекрытий с термовкладышами	Повышение эксплуатационных качеств за счет улучшенной тепло- и звукоизоляции Повышение экономичности проекта за счет снижения бетоноемкости конструкции, снижения общего веса конструкции
Фасадные стеновые панели с готовой отделкой	Повышение эксплуатационных качеств за счет полноценного слоя утеплителя Повышение экономичности строительства за счет сокращения трудозатрат на отделку фасадов
Сантехнические, лифтовые блоки высокой заводской готовности	Повышение экономичности строительства за счет сокращения трудоемкости

Главными и наиболее рассматриваемыми из направлений развития крупнопанельного домостроения являются: повышение заводской готовности элементов крупнопанельных зданий, что обеспечит все большее снижение трудоемкости и сроков строительства; совершенствование применяемых строительных материалов, благодаря которым уменьшаются требуемые сечения конструкций и увеличивается возможность свободной планировки квартир. Совокупность данных факторов позволяет создавать наиболее экономически выгодные и привлекательные проекты крупнопанельных зданий для массового жилищного строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.М. Острцов, А.А. Магай, А.Б. Вознюк, А.Н. Горелкин, ОАО «ЦНИИЭП жилища» (Москва) Гибкая система панельного домостроения // Жилищное строительство. – 2011
2. ГОСТ 26434— 2015 "Плиты перекрытия железобетонные для жилых зданий. Типы и основные параметры" от 12.11.2015 № 82-П с изм. И допол. В ред. От 07.2017.
3. Н.П. Розанов Крупнопанельное домостроение. - Москва: Стройиздат, 1982. - 224 с.
4. Е.С. Недвига, Н.А. Виноградова Системы сборно-монолитных перекрытий // Строительство уникальных зданий и сооружений. - 2016. - №4 (43). - С. 88-96.
5. Р.А. Доткулов Сравнительный технико-экономический анализ стеновых панелей // «Молодой учёный». - 2021. - №18(360). - С. 129-131.
6. А.Н. Луговой, А.Г. Ковригин Трехслойные железобетонные стеновые панели с композитными гибкими связями // Крупнопанельное домостроение. - 2015. - С. 35-38.
7. Технические рекомендации по технологии герметизации и уплотнения стыков наружных стеновых панелей № ТР 196-08 // ГУП «НИИМОССТРОЙ». - Москва 2008

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШЛАМОВОЙ ВОДЫ ПРИ РЕЦИКЛИНГЕ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

С.В. Самченко¹, О.А. Ларсен², Т.Ю. Машина³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹samchenko@list.ru

²larsen.oksana@mail.ru

³mashina-tatiana19@yandex.ru

Аннотация

Предмет исследования: технологические и механические свойства цементного теста и бетонной смеси с применением тонкодисперсного органоминерального модификатора.

Цели: целью данного исследования является получение тонкодисперсного органоминерального модификатора на основе шламовой воды из отходов производства товарного бетона.

Материалы и методы: шламовая вода, получаемая после прохождения системы рециклинга бетонной смеси, подвергалась предварительному обезвоживанию и последующему помолу.

Удельная поверхность получаемой добавки определялась на приборе ПСХ-4. Технологические свойства, а именно нормальная густота и сроки схватывания цементного теста с использованием тонкодисперсной органоминеральной добавки, определялись с использованием стандартных методик, изложенных в ГОСТ 30744-2001. Процесс структурообразования исследовался с помощью прибора, измеряющего скорость ультразвука, проходящего через систему.

Результаты: введение органоминерального модификатора в состав цементного теста увеличивает нормальную густоту и уменьшает сроки схватывания, а при введении его в состав самоуплотняющейся бетонной смеси – позволяет сохранить механические характеристики материала, и даже повысить прочностные показатели.

Выводы: по результатам опытных исследований определено положительное влияние на механические показатели бетона с использованием модификатора, активное структурообразование в первые сроки набора прочности цементного камня

ВВЕДЕНИЕ

Главным изобретением строительной индустрии был и остается в наше время – бетон. Причиной этого является огромный потенциал производства смесей для широкого применения в различных проектах от малоэтажного жилого строительства до передовых специальных сооружений,двигающих возможные границы реализации строительства. В связи с этим данный строительный материал остается ведущей основой производств во всех странах мира.

Строительная отрасль – одна из главных источников загрязнения окружающей среды. В современных технологиях производства строительных материалов, изделий и конструкций все чаще встречаются разработки, помогающие сохранять и оберегать окружающую среду.

Рациональный цикл производства бетонной смеси позволяет применять технологию рециклинга бетонной смеси, заключающуюся в использовании шламовой воды от производства товарного бетона. Процесс рециклинга предоставляет возможность получения переработанного сырья, которое можно использовать при производстве высокопрочных бетонов в качестве органоминеральной добавки.

Получение органоминеральной добавки на основе шламовой воды из отходов производства товарного бетона, состоящей из гидратированного минерального вяжущего, пылевидных фракций заполнителей и остатков химических добавок, и

поликарбосилатного пластификатора достигается за счет предварительного обезвоживания и последующего тонкого измельчения высушенного шлама совместно с поликарбосилатным пластификатором.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Согласно статистическим данным [1] рост объемов производства бетонных смесей в России на декабрь 2022 года увеличился на 26,6% по сравнению с предыдущими годами, и тенденция роста сохраняется и по сей день. В соответствии с данными [2-3] в 2022 году в России были поставлены рекорды по строительству зданий жилого и нежилого назначения. А значит и увеличиваются объемы отходов производств промышленности.

Для решения проблемы ресурсосбережения и охраны окружающей среды при производстве строительных материалов, как известно, применяются различные отходы производств в качестве добавок или же самостоятельных компонентов [4-5]. Широкое применение нашли рециркулируемые материалы, обладающие необходимыми характеристиками для получения высококачественных материалов [6-7].

В ГОСТ 25192-2012 «Бетоны. Классификация и общие технические требования» изложены допустимые границы реализации вторичного использования рециркулируемых материалов при производстве бетонов. В этом стандарте затрагивается понятие об рециклированном бетоне: «бетон, изготовленный с применением утилизированных вяжущих, заполнителей и воды».

При производстве и транспортировке товарного бетона возникает потребность в очистке задействованного оборудования для производства, доставки и перекачки. После промывки оборудования остаются перемешанные компоненты, включающие в себя сырьевые материалы и дополнительную воду. В конечном итоге, на большинстве производств эта смесь попадает в отвалы, где монолизируется и загрязняет окружающую среду. Очевидно, что после специальной очистки и подготовки, данный отход можно повторно использовать в производственном процессе.

Согласно аналитическим данным [8] объем отходов на строительный сектор составляет от 8 до 10 % от общего количества отходов всех производств в Российской Федерации. Что наводит на мысль о необходимости нахождения решения о реализации повторного использования отходов.

В настоящее время такая технология очистки и подготовки получила название рециклинга бетона. Рециклинг представляет собой систему возвращения отходов в производственный процесс, тем самым, образуя цикл. Суть системы состоит в разделении смеси на основные компоненты – щебень, гравий, песок и шламовую воду [9-10]. Заполнитель после прохождения очистки возвращается в производственный цикл, а шламовая вода может добавляться в состав бетонных смесей в незначительных количествах ввиду ее низкой гидравлической активности. Для обширного использования шламовой воды при производстве требуется расширение материально-технической базы, основанной на дополнительных исследованиях и научных подтверждениях рациональности использования материала.

Большое количество используемого цемента сохраняется в бетоне неиспользованным, поскольку мельчайшие частицы цемента при взаимодействии с водой затвердения полностью гидратируют, а более крупные частицы могут гидратировать только на поверхности [11]. Поэтому нетронутые ядра крупных частиц выполняют роль микрозаполнителя в цементном камне.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве контрольного цемента для сравнения свойств с применением тонкодисперсного органоминерального модификатора использовался портландцемент ЦЕМ I 52,5Н «Хайдельбергцемент Рус» согласно ГОСТ 31108 [12]. Химический и минералогический состав клинкера представлены в табл. 1.

Табл. 1. Химический и минералогический состав клинкера «Хайдельбергцемент Рус»

Компоненты, %	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
Клинкер	66,37	21,65	5,05	3,67	1,32	64	14	7	11

При помоле применялся поликарбоксилатный пластификатор Sika. Для испытаний по определению механических характеристик бетонных образцов применялась пластифицирующая добавка Sika, щебень фракции 5-10 мм согласно ГОСТ 8267 [13], кварцевый песок согласно ГОСТ 8736 [14].

Определялись некоторые технологические характеристики цемента с применением органоминерального модификатора – нормальная густота теста и сроки схватывания. Нормальная густота и сроки схватывания определялись по методике, предоставленной в ГОСТ 30744 [15].

Исследовалось структурообразование цементного камня с применением органоминерального модификатора с использованием прибора Пульсар-2.1.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В процессе совместного измельчения шлама и поликарбоксилатного пластификатора каждые 30 минут отбиралась проба для определения удельной поверхности исследуемого материала. Для понимания эффективности применения поликарбоксилатного пластификатора при помоле на рис.1 представлены зависимости удельной поверхности от времени помола для совместного измельчения шлама с пластифицирующей добавкой и без её использования.

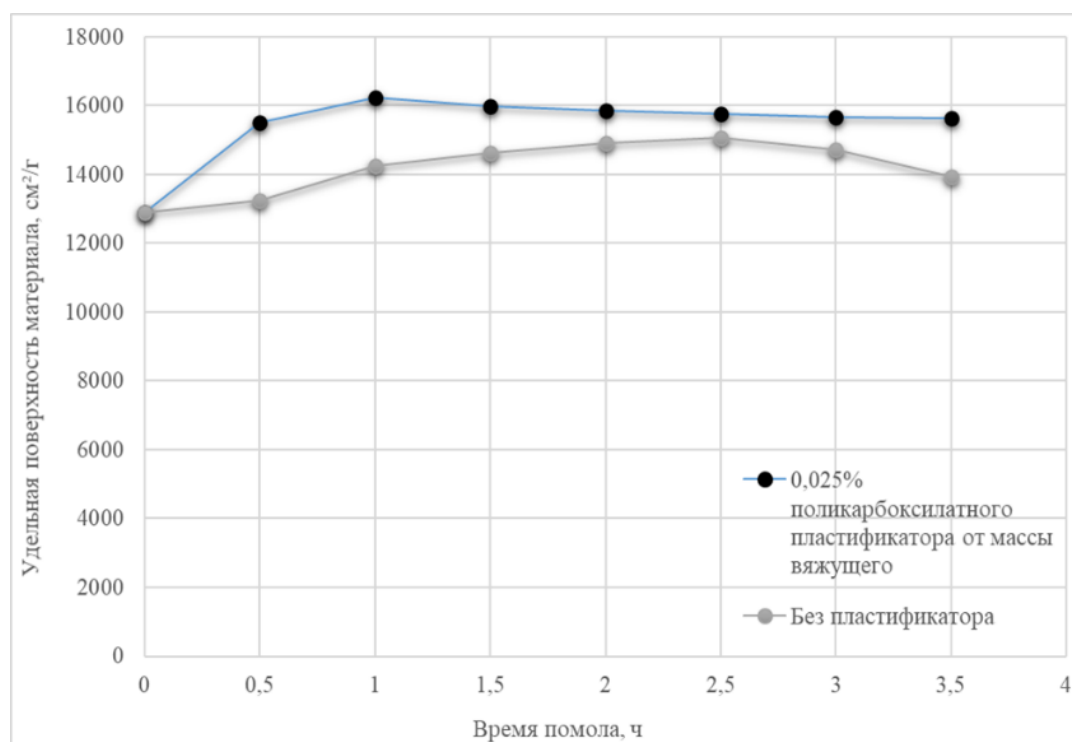


Рис. 1. Изменение удельной поверхности высушенного шлама со временем

По результатам опытного исследования было определено оптимальное время помола – 1 час. За это время было достигнуто максимальное значение удельной поверхности получаемого тонкодисперсного органоминерального модификатора.

Для оценки водопотребности смеси при использовании органоминерального модификатора были определены одни из основных технологических свойств цементного теста – нормальная густота и сроки схватывания. Полученные результаты приведены в табл. 2:

Табл. 2. Исследование свойств портландцементного вяжущего с использованием органоминерального модификатора

Свойство	ЦЕМ I 52,5 Н	ЦЕМ I 52,5Н + 5% органоминерального модификатора	ЦЕМ I 52,5Н + 10% органоминерального модификатора	ЦЕМ I 52,5Н + 15% органоминерального модификатора	ЦЕМ I 52,5Н + 20% органоминерального модификатора
Нормальная густота, %	31,6	32,7	33,2	34,8	35,3
Начало схватывания, мин	225	200	190	190	170
Конец схватывания, мин	260	270	290	300	320

С повышением содержания органоминерального модификатора в составе цементного теста происходит увеличение нормальной густоты. Увеличение водопотребности для образцов ЦЕМ I 52,5Н + 5% органоминерального модификатора, ЦЕМ I 52,5Н + 10% органоминерального модификатора, ЦЕМ I 52,5Н + 15% органоминерального модификатора, ЦЕМ I 52,5Н + 20% органоминерального модификатора составило 1,1%, 1,6%, 3,2%, 3,7% соответственно. Выбор большой дозировки модификатора в составе бетонных смесей может негативно повлиять на прочность бетона, что понесет за собой понижение прочностных показателей.

Использование поликарбоксилатного пластификатора при получении органоминерального модификатора позволило снизить водопотребность смеси благодаря его принципу действия, заключающегося в абсорбции частиц пластификатора на поверхности зерен (новообразований) и сообщении ими одноименного заряда, что способствует возникновению электростатического и пространственного отталкивания частиц цемента, и дальнейшему разжижению смеси.

С увеличением дозировки органоминерального модификатора в составе цементного теста происходит раннее начало схватывания. Для образцов ЦЕМ I 52,5Н + 5% органоминерального модификатора, ЦЕМ I 52,5Н + 10% органоминерального модификатора, ЦЕМ I 52,5Н + 15% органоминерального модификатора, ЦЕМ I 52,5Н + 20% органоминерального модификатора начало схватывания началось раньше на 25, 35, 35, 55 минут соответственно.

Отложенный конец схватывания наступает за счет действия поликарбоксилатного пластификатора, содержащегося в составе органоминерального модификатора, который увеличивает индукционный период при гидратации цементного теста.

Исследовалось структурообразование цементного теста с применением различных дозировок органоминерального модификатора (рис.2).

Через точку перегиба, где, с увеличением скорости прохождения ультразвука через цементное тесто, происходит фазовый переход, характеризующейся началом активного структурообразования и началом 3 стадии, периода ускорения, гидратации цементного теста.

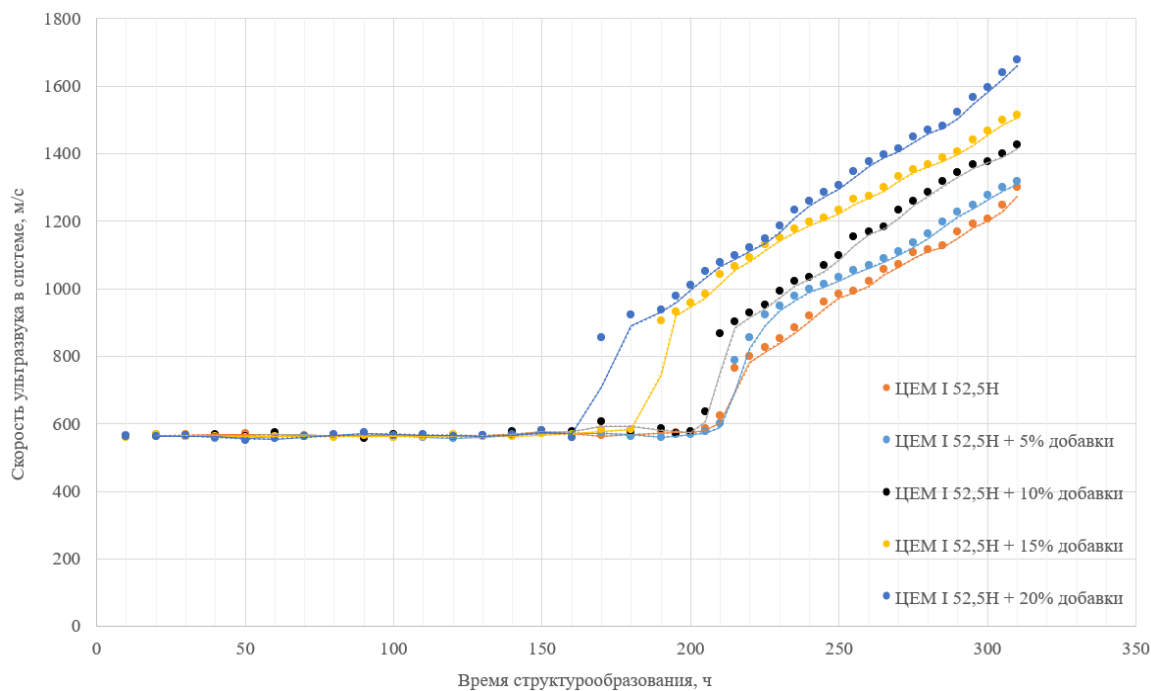


Рис. 2. Исследование структурообразования цементного теста

Определялись механические характеристики бетона с применением органоминерального модификатора на примере состава высокопрочного самоуплотняющегося бетона. Для сравнения результатов был взят контрольный состав самоуплотняющейся бетонной смеси (рис. 3, линия 1) и состав с применением органоминерального модификатора в количестве 10% от массы вяжущего (рис.3, линия 2) Полученные результаты представлены на рис.3:

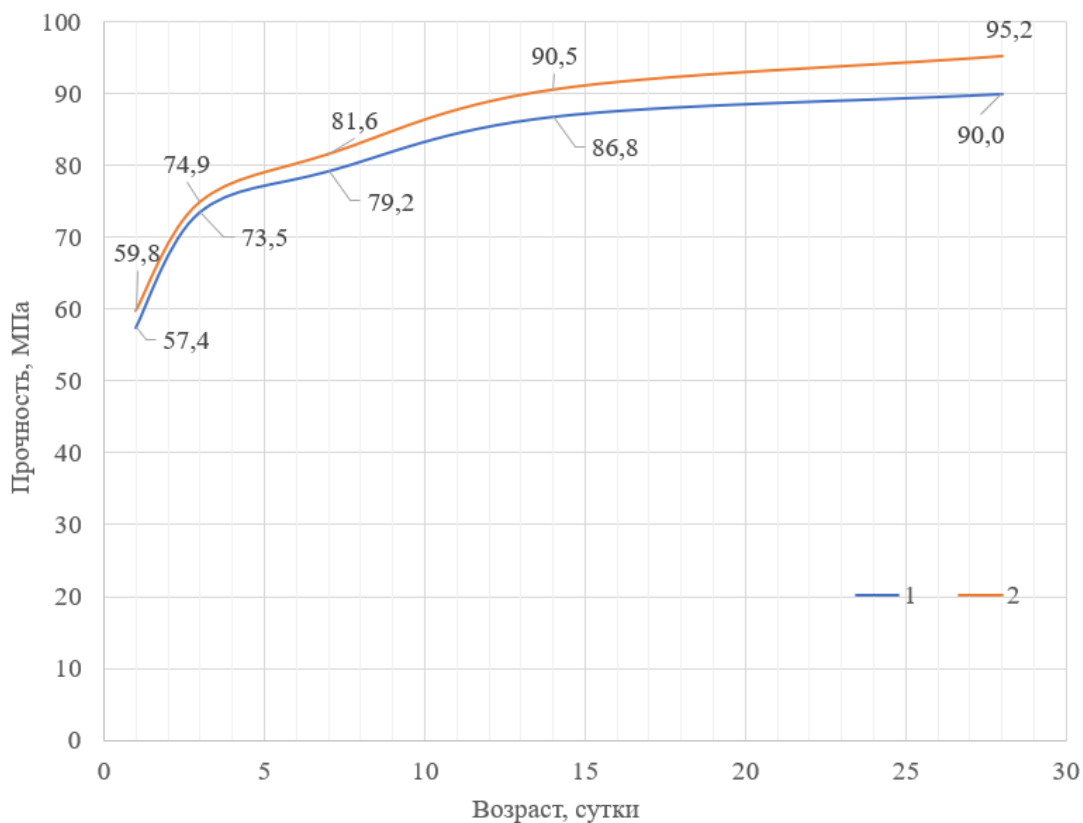


Рис. 3. Кинетика набора прочности образцов высокопрочного самоуплотняющегося бетона с использованием органоминерального модификатора

Введение тонкодисперсного органоминерального модификатора позволило ускорить набор прочности в начальные периоды твердения цементного теста. Для образцов 1 состава и 2 состава средняя прочность из трех испытаний на 28 суток составила 90,0 МПа и 95,2 МПа соответственно. Введение модификатора позволило повысить прочность на 5,2 МПа относительно 1 состава.

ВЫВОДЫ

Рациональный цикл производства бетонной смеси позволяет применять технологию рециклинга бетонной смеси, заключающуюся в использовании шламовой воды от производства товарного бетона. Процесс рециклинга предоставляет возможность получения переработанного сырья, которое можно использовать при производстве высокопрочных бетонов в качестве органоминеральной добавки.

В результате проведенного исследования была обоснована возможность получения тонкодисперсного органоминерального модификатора на основе шламовой воды из отходов производства товарного бетона посредством тонкого измельчения для повторного использования ее в составе высокопрочных бетонов.

Данная добавка выступает в качестве ускорителя твердения бетонной смеси, необходимого для обеспечения высоких прочностных показателей в начальные сроки твердения. В тоже время, присутствие поликарбоксилатного пластификатора в составе органоминерального модификатора выполняет не только роль интенсификатора помола, но и редиспергирующую функцию, обеспечивая тем самым присутствие тонких фракций в получаемом продукте, что помогает создавать более плотную упаковку структуру бетона.

Дозировка в количестве 10% от массы вяжущего положительно повлияла на прочностные показатели при испытании бетонных образцов. Увеличение дозировки вводимого модификатора может привести к значительному снижению прочности, что негативно повлияет на эксплуатационные показатели материала.

Применение органоминерального модификатора позволило сократить расход сырьевых компонентов бетонной смеси, что в дальнейшем применении может поспособствовать разработке малоотходного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Богомолов В.Б.* Российский рынок бетона в 2017-2021 гг. // Промышленник Сибири. – 2022 г.
2. *Семенова В.А.* Основные показатели жилого строительства // РБК Недвижимость. – 2023 г.
3. Федеральный классификационный каталог отходов, утвержденный приказом Росприроднадзора с последним дополнением от 22.05.2017 [Электронный ресурс] // Федеральный центр анализа и оценки техногенного воздействия. URL: <http://www.fcao.ru/fkko> (дата обращения: 15.03.2023).
4. *Опарина Л.А.* Учет энергоемкости строительных материалов на разных стадиях жизненного цикла зданий // Строительные материалы. 2014. № 11. С. 44-45.
5. *Карпенко Н. И. Ярмаковский В.Н.* Основные направления ресурсоэнергосбережения при строительстве и эксплуатации зданий. Часть 1. Ресурсосбережение на стадии производства строительных материалов, стеновых изделий и ограждающих конструкций // Строительные материалы. 2013. № 7. С.12-18.
6. *Ефименко А.З.* Бетонные отходы – сырье для производства эффективных строительных материалов // Технологии бетонов. 2014. № 2. С. 17-21.
7. *Сармиенто-Мантилла С., Сидорова А.* Опыт использования рециклированного заполнителя бетона в строительстве: подход к механическим свойствам и конструктивным характеристикам // Бетон и железобетон – взгляд в будущее: научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону. МГСУ. 2014. Т. 6. С. 360-372.
8. *Остроух А.В., Суркова Н.Е.* Система рециклинга товарного бетона // Лучшая научная статья 2017: сборник статей XII Международного научно-практического конкурса. Пенза: Наука и Просвещение, 2017. С. 21–24.
9. *Бугай А.В.* Современные состояния и тенденции развития отрасли строительных материалов в России // Электронный научно-практический журнал «Современные научные исследования и инновации». – 2016 г.
10. *Паринов С.В., Картушина Ю.Н.* Технологическая схема полной переработки отходов производства особо тяжелого бетона // Вестник Технологического университета. 2018. Т. 21, № 2. С. 63–65
11. *Коваленко В.В.* Структурообразование в модифицированных бетонах. 2012. С. 157–163.
12. ГОСТ 31108 – 2020. Цементы общестроительные. Технические условия. – Введ. 2021-03-01. – М.:

- Стандартинформ, 2016. – 19 с.
13. ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. Введ. 1995-01-01. – М.: Стандартинформ, 2018. – 12 с.
 14. ГОСТ 8736–2014. Песок для строительных работ. Технические условия. Введ. 2015-04-01. – М.: Стандартинформ, 2019. – 12 с.
 15. ГОСТ 30744 – 2001. Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка. – Введ. 2002-03-01. – М.: Госстрой России, 2002. – 29 с.

ВЛИЯНИЕ ЗАМЕНЫ ЧАСТИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА НА МЕТАКАОЛИН НА СВОЙСТВА МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА

Фарах Алаа Альваш¹, Б.И. Булгаков²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*alwashfarah@gmail.com*

²*BulgakovBI@mgsu.ru*

Аннотация

Изучено влияние частичной замены портландцемента метаксаолином до 15% по массе в составе вяжущего вещества на прочность получаемого мелкозернистого бетона, а также на удобоукладываемость мелкозернистых бетонных смесей по расплыву конуса и их среднюю плотность. В результате проведенных исследований было установлено, что оптимальное содержание метаксаолина в составе двухкомпонентного вяжущего, позволяющее получить наибольшую прочность мелкозернистого бетона на сжатие, равную 16,8 МПа в возрасте 28 суток его твердения в нормальных условиях, составляет 12,5% масс. при средней плотности бетонной смеси, составляющей 1935 кг/м³, и показателе ее удобоукладываемости по расплыву конуса, равном 146 мм.

При дальнейшей замене портландцемента в составе вяжущего метаксаолином до 15% масс. наблюдается незначительное снижение прочности мелкозернистого бетона на сжатие до 16,4 МПа, что можно объяснить снижением содержания портландцемента в составе двухкомпонентного вяжущего ниже его оптимального количества, поскольку метаксаолин в отличие от минералов портландцементного клинкера не обладает гидравлической активностью и не вступает в реакцию гидратации с водой, сопровождающуюся увеличением объема гидратных новообразований, приводящему к росту прочности бетона.

ВВЕДЕНИЕ

Замена части цемента в составе бетона тонкодисперсными инертными минеральными добавками зачастую приводит к снижению прочности бетона пропорционально степени произведенной замены. В то же время, играя роль наполнителей, эти добавки обеспечивают более эффективную упаковку частиц в межфазной зоне, на границе раздела цементного теста и заполнителя, тем самым способствуя созданию более плотной и однородной ее микроструктуры, а также сокращению толщины, что оказывает положительное влияние на прочность бетона [1]. Метаксаолин, получаемый в результате прокаливания каолиновых глин при температуре 500-800°C, представляет тонкодисперсный порошок белого цвета, обладающий высокой пуццоланической активностью, выражающейся его способностью вступать в химическое взаимодействие со свободным гидроксидом кальция (портландитом) с образованием низкоосновных гидросиликатов и гидроалюминатов кальция, благодаря примерно равному содержанию в своем составе аморфного кремнезема и глинозема и поэтому является активной минеральной добавкой и дополнительным цементирующим материалом в составе вяжущего на основе портландцемента при его частичной замене.

При выборе оптимальной пропорции метаксаолина в качестве заменителя цемента важно учитывать следующие аспекты:

1. Требования, предъявляемые к прочности и долговечности бетонных изделий и конструкций.
2. Его пуццоланическую активность, которая может варьироваться в зависимости от использованного сырья и технологии его обработки.
3. Частичная замена портландцемента метаксаолином может повлиять на удобоукладываемость бетонной смеси и сроки ее схватывания.

4. Следует учитывать возможные последствия взаимодействия метаксаолина с другими компонентами бетонной смеси, такими как суперпластификаторы и другие добавки, а также принимать во внимание условия окружающей среды.

Тенденцию к повышению водопотребности бетонной смеси в результате введения метаксаолина, как и в случае использования другой тонкодисперсной активной минеральной добавки – микрокремнезема, можно достаточно успешно регулировать путем использования поликарбоксилатных суперпластификаторов [2-7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве основного вяжущего вещества был использован портландцемент типа ЦЕМ I 42,5 Н (Ц) производства цементного завода фирмы “AKKERMANN”. Химический и минералогический составы использованного портландцемента приведены, соответственно, в табл. 1 и табл. 2.

Табл. 1. Химический состав ЦЕМ I 52,5 Н

Содержание оксидов, % масс.							
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O
24,7	21,4	7,86	40,07	1,68	0,04	1,31	1,13
BaO	P ₂ O ₅	MnO	ZrO ₂	ZnO	V ₂ O ₅	SrO ₂	TiO ₂
0,27	0,24	0,05	0,04	0,02	0,02	0,39	0,78

Табл. 2. Минералогический состав ЦЕМ I 52,5 Н

Минералы	Содержание, % масс.
C ₃ S	63,3
C ₂ S	18,0
C ₃ A	5,6
C ₄ AF	9,5
CaSO ₄ ·0,5H ₂ O	2,4
CaMg[CO ₃] ₂	1,2

Использованный кварцевый песок (П) обладал модулем крупности 2,5, истинной плотностью 2,65 г/м³ и средней насыпной плотностью в уплотненном состоянии 1620 кг/м³.

Химический состав и свойства высокоактивного метаксаолина (МК) производства фирмы «СИНЕРГО» представлены в табл. 3.

Табл. 3. Химический состав и свойства метаксаолина

Показатели	Значения показателей
SiO ₂ , %	51,4
Al ₂ O ₃ , %	46,5
Fe ₂ O ₃ , %	0,8
Пуццоланическая активность, мг Ca(OH) ₂ /г.	> 1000
Влажность, % масс.	0,4
Потери при прокаливании, % масс.	0,9
Радиоактивность	< 16 мкР/ч.
Удельная поверхность, см ² /г.	12 000 – 13 000
Цвет	Серовато-кремовый

Также были использованы в качестве высоководоредуцирующей и суперпластифицирующей добавки поликарбоксилатный суперпластификатор MasterGlenium 115 (СП) производства фирмы “Master Builders Solutions” и водоудерживающая добавка Mecellose PMC 15 US (ВД) в виде эфиры целлюлозы производства фирмы “Samsung Fine Chemicals”, состав и свойства которой приведены в табл. 4.

Использованная вода соответствовала требованиям ГОСТ 23732-2011.

Табл. 4. Состав и свойства водоудерживающей добавки

Показатели	Значения показателей
Содержание активного вещества, % масс.	90
Содержание влаги, %	8
Содержание сульфатной золы, %	2
Плотность, г/дм ³	250-550
Температура разложения, °С	220

Методология работы включала:

- расчет расхода сырьевых материалов на 1 м³ мелкозернистой бетонной смеси производили в соответствии с методом абсолютных объемов и ГОСТ 27006-2019, результаты приведены в табл. 5;
- удобоукладываемость полученных мелкозернистых бетонных смесей по расплыву конуса и их среднюю плотность определяли по ГОСТ 10181-2014;
- прочность полученных мелкозернистых бетонов на сжатие определяли на образцах-кубах размером 70×70×70 мм в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-2012.

Табл. 5. Составы мелкозернистых бетонных смесей

Бетонная смесь	МК, % от Ц	В/Вяж	Составы мелкозернистых бетонных смесей, кг/м ³						
			Ц	МК	Вяж	П	В	СП	ВД
МЗБ-0	0	0,58	549	0	549	2064	319	3	4
МЗБ-1	2,5	0,58	535	14	549	2064	319	3	4
МЗБ-2	5	0,58	522	27	549	2064	319	3	4
МЗБ-3	7,5	0,58	508	41	549	2064	319	3	4
МЗБ-4	10	0,58	494	55	549	2064	319	3	4
МЗБ-5	12,5	0,58	480	69	549	2064	319	3	4
МЗБ-6	15	0,58	467	82	549	2064	319	3	4

Примечание. В/Вяж — водо-вяжущее отношение, где Вяж = Ц + МК.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Было исследовано влияние замены до 15 % масс. портландцемента в составе вяжущего метаксаолином на прочность на сжатие мелкозернистых бетонов, которые твердели в течение 28 суток в нормальных условиях. Испытание полученных образцов-кубов из мелкозернистых бетонов на прочность на сжатие показано на рис. 1, а результаты прочностных испытаний, а также результаты определения подвижности мелкозернистых бетонных смесей по расплыву конуса и их средней плотности приведены в табл. 6.



Рис. 1. Определение прочности на сжатие разработанных мелкозернистых бетонов

Табл. 6. Свойства мелкозернистого бетона

МК%	Средняя плотность мелкозернистой бетонной смеси, кг/м ³	Распływ конуса, мм	Прочность на сжатие, МПа
0	1897	162	12,0
2,5	1893	160	13,1
5	1906	157	13,3
7,5	1898	152	14,5
10	1922	149	15,2
12,5	1935	146	16,8
15	1946	144	16,4

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований установлено, что прочность на сжатие разработанных мелкозернистых бетонов в возрасте 28 суток нормального твердения повышается с 12,0 до 16,8 МПа с увеличением содержания метаксаолина в составе двухкомпонентного вяжущего при замене им портландцемента на 12,5% масс.

2. При дальнейшей замене портландцемента в составе вяжущего метаксаолином до 15% масс. наблюдается незначительное снижение прочности мелкозернистого бетона на сжатие до 16,4 МПа, что, по-видимому, объясняется снижением содержания портландцемента в составе двухкомпонентного вяжущего ниже оптимального количества, поскольку метаксаолин в отличие от минералов портландцементного клинкера не обладает гидравлической активностью и не вступает в реакцию гидратации с водой, сопровождающуюся увеличением объема гидратных новообразований, приводящему к росту прочности бетона.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bentur A.* Proc. Conf. Advances in Cementitious Materials. 1991. Vol. 6. Pp. 523-535.
2. *Wild S., Khatib J.M., Jones A.* Relative Strength, Pozzolanic Activity and Cement Hydration in Superplasticised Metakaolin Concrete // Cement and Concrete Research. 1996. Vol. 26. Iss. 10. Pp. 1537-1544.
3. *Frias M., Cabrera J.* Pore size distribution and degree of hydration of МК-Cement pastes // Cement and Concrete Research. 2000. Vol. 30. Pp. 561-569.
4. *Khatib J.M., Wild S.* Pore size distribution of metakaolin paste // Cement and Concrete Research. 1996. Vol. 26. Iss. 10. Pp. 1545-1553.
5. *Khatib J.M., Wild S.* Sulfate resistance of metakaolin mortar // Cement and Concrete Research. 1998. Vol. 28. Iss.1. Pp. 83-92.
6. *Courard L., Darimont A., Schouterden M., Ferauche F., Willem X., Degeimbre R.* Durability of mortars modified with metakaolin // Cement and Concrete Research. 2003. Vol. 33. Pp. 1473-1479.
7. *Khatib J.M., Clay R.M.* Absorption characteristics of metakaolin concrete // Cement and Concrete Research. 2004. Vol. 34. Iss. 1. Pp. 19-29.

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ВЯЖУЩЕГО ВЕЩЕСТВА С КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКОЙ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНАТА КАЛЬЦИЯ

Нгуен Зоан Тунг Лам¹, С.В. Самченко²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*Nguyendoantunglam1110@gmail.com*

²*Samchenko@list.ru*

Аннотация

При выполнении работы был выбран оптимальный состав композиционного вяжущего с добавками на основе глиноземистого цемента и активной минеральной добавки. Результат получен после оптимизации двух уравнений регрессии методом изменения ограничений (многокритериальная оптимизация), $U_{\text{проч.28}}$ - уравнение регрессии по прочности цементного камня на 28 сутки, $U_{\text{деф.28}}$ - уравнение регрессии по деформации цементного камня на 28 сутки.

ВВЕДЕНИЕ

В строительстве, производстве и технике особую роль выполняют вяжущие вещества. Они бывают различными по химическому или минералогическому составу, в зависимости от назначения и области применения. Из-за большого количества способов и условий применения вяжущих веществ, которые сильно отличаются между собой, а так же отсутствия универсального вяжущего, существует многочисленное количество специальных вяжущих веществ, подобранного для конкретной ситуации. Цементы – группа минеральных вяжущих веществ, наиболее активно применяемая в строительной отрасли. Подразделяются на цементы общестроительного назначения и специального назначения, предназначенных для особых условий применения. Цементы в основном применяются в комплексе с большим количеством добавок, которые особым образом меняют свойства вяжущего и цементного камня, данный материал называется вяжущей композицией [1].

Одним из недостатков цементного камня является трещинообразование при усадке бетона. При повышенном расходе вяжущего вещества процесс трещинообразования может привести к разрушению конструкции или снижению её несущей способности. Данную проблему можно решить, применяя безусадочные цементы, которые при твердении обеспечивают увеличение объема цементного камня. Безусадочные цементы применяются в ответственных областях строительства: омоноличивание сборных железобетонных элементов и хранилищ нефти и газа, ремонтные составы при заделке швов, устройство покрытий полов, дорог и аэродромов, изготовления железобетонных труб. Такие цементы в силу особенности их работы подразделяют на: безусадочные, расширяющиеся, напрягающие. Безусадочные цементы (или компенсирующие усадку) используются для предотвращения или снижения трещинообразования при усадке бетона [2,3].

Для получения безусадочного цемента с относительно большой прочностью при сравнении с прочностью Портландцемента, а также для снижения расхода клинкера в процессе производства цемента, в данной статье представлено применение комплексных добавок, состоящих из глиноземистого цемента (ГЦ), природного гипса (Г) и трепела (Тр). Влияние компонентов (через уравнения регрессии) на прочность и на деформацию цементного теста при замене части портландцемента комплексной добавкой выполнено в данной работе. Оптимальный состав получен после оценки двух целевых функции: $U_{\text{проч.28}}$ - уравнение регрессии по прочности цементного камня на 28 сутки, $U_{\text{деф.28}}$ - уравнение регрессии по деформации цементного камня на 28 сутки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве сырья использовали портландцемент (ПЦ) ЦЕМ I 42,5 (Евроцемент М500 Д0) соответствующий требованиям ГОСТ 30515-2013 с удельной поверхностью 3665 см²/г. Комплексная добавка состоит из: глинозёмистого цемента АЦ 40 (SRB 40 Secar) в соответствии с ГОСТ 969-91, гипс (Г) в соответствии с ГОСТ 4013–2019 с удельной поверхностью 2230 см²/г, природная добавка осадочной породы трепел (Тр) с удельной поверхностью 6350 см²/г. Согласно с исследованиями [4-6], получены следующие уравнения регрессии в таблице 1:

Табл. 1. Уравнения регрессии прочности и деформации цементного камня.

Характеристики		Уравнения регрессии
Прочность, МПа	1 сут.	$U_{проч.1} = 12,882 + 0,868x_1 - 3,801x_2 - 0,856x_1x_3 + 1,582x_1^2 - 1,017x_3^2$
	3 сут.	$U_{проч.3} = 32,487 - 2,112x_2 - 2,661x_3 + 2,465x_1x_2 - 0,94x_1x_3 + 1,958x_2x_3 - 1,091x_2^2 - 0,962x_3^2$
	7 сут.	$U_{проч.7} = 40,569 - 0,844x_1 - 1,059x_2 - 2,681x_3 + 1,555x_2x_3$
	28 сут.	$U_{проч.28} = 52,650 - 2,550x_2 - 1,265x_3 - 3,051x_3^2$
Деформация, мм/м	2 сут.	$U_{деф.2} = 0,986 + 0,179x_1 + 0,424x_2 + 0,394x_3 + 0,530x_1x_2 + 0,210x_1x_3 + 0,258x_2x_3 + 0,280x_1x_2x_3 + 0,304x_1^2 - 0,174x_2^2$
	3 сут.	$U_{деф.3} = 1,524 + 0,208x_1 + 0,755x_2 + 0,519x_3 + 0,586x_1x_2 + 0,259x_1x_3 + 0,364x_2x_3 + 0,331x_1x_2x_3 + 0,216x_1^2 - 0,424x_2^2$
	7 сут.	$U_{деф.7} = 2,005 + 0,259x_1 + 1,350x_2 + 0,713x_3 + 0,704x_1x_2 + 0,242x_1x_3 + 0,485x_2x_3 + 0,336x_1x_2x_3 - 0,328x_2^2 + 0,426x_3^2$
	14 сут.	$U_{деф.14} = 2,072 + 0,237x_1 + 1,714x_2 + 0,759x_3 + 0,711x_1x_2 + 0,474x_2x_3 + 0,326x_1x_2x_3 + 0,459x_3^2$
	28 сут.	$U_{деф.28} = 2,195 + 0,212x_1 + 2,014x_2 + 0,708x_3 + 0,687x_1x_2 + 0,226x_1x_3 + 0,340x_2x_3 + 0,309x_1x_2x_3 + 0,269x_2^2 + 0,398x_3^2$

В котором, x_1 , x_2 , x_3 - входные факторы, влияющие на механические свойства цементного камня (таблица 2):

- x_1 – содержания ГЦ от 9,57% до 14,43%;
 - x_2 – содержания Г от 6,96% до 13,04%;
 - x_3 – содержания Тр от 11,14% до 20,86%;
- $\%ПЦ + \%ГЦ + \%Г + \%Тр = 100\%$

Табл. 2. Диапазон переменных влияющих факторов

Факторы		Уровни варьирования факторов				
В качестве переменных	В натуральном виде	-1,215	-1	0	+1	+1,215
x_1	% ГЦ	9,57	10	12	14	14,43
x_2	% Г	6,96	7,5	10	12,5	13,04
x_3	% Тр	11,14	12	16	20	20,86

Для получения оптимального состава применяли метод изменения ограничений (многокритериальная оптимизация) для прочности и деформации цементного камня в 28 сут. По данному методу одну из целевых функций оставляют в качестве целевой, а остальные ограничивают.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрели уравнение $u_{\text{деф.28}}$, по цели задачи для получения безусадочного цемента $u_{\text{деф.28}}$ должен иметь положительное значение: $u_{\text{деф.28}} \geq 0$ мм/м. По ГОСТ Р 56727-2015 допускается предельное отклонение единичного результата испытаний (малозначительный дефект) не более чем на 2 мм/м (линейное расширение). Поэтому значение линейного расширения должно быть: $u_{\text{деф.28}} \geq 2$ мм/м, для того, чтобы измеренные экспериментальные значения деформации, с учетом вероятностного распределения результатов испытания безусадочного цемента ($u_{\text{деф.28}}$ практическое ≥ 0 мм/м) не имели усадки при измерении.

Вследствие этого, оптимальный состав композиционного вяжущего с добавками выбран после нахождения максимальной точки функции $u_{\text{проч.28}}$ с условием $u_{\text{деф.28}} \geq 2$ мм/м или решение задачи: $u_{\text{проч.28}} = \max$ и $u_{\text{деф.28}} \geq 2$ мм/м. С помощью программы excel, получен оптимальный состав и проведено сравнение с экстремальными точками оптимизаций отдельных целевых функций: $u_{\text{проч.28}} = \max = y_1$ [5] и $u_{\text{деф.28}} = \max = y_2$ [6] (таблица 3) (рассмотрено в работе [5,6]), содержания добавок каждого состава представлены в таблице 4:

Табл. 3. Результат задачи оптимизации

Состав комплексной добавки	Значение уравнение регрессии	
	$u_{\text{проч.28}}$, МПа	$u_{\text{деф.28}}$, мм/м
Оптимальный состав для получения: $u_{\text{проч.28}} = \max$ и $u_{\text{деф.28}} \geq 2$ (Оптимальный состав)	53,08	2,000
Состав для получения $y_1 = u_{\text{проч.28}} = \max$ (Состав 1)	55,88	-0,618
Состав для получения $y_2 = u_{\text{деф.28}} = \max$ (Состав 2)	43,51	9,148
Портландцемент (Контрольный состав)	59,40	-0,056

Табл. 4. Содержания комплексной добавки композиционного вяжущего

Нормализованное обозначение состава комплексной добавки				Натуральное обозначение состава комплексной добавки			
Наименование	x_1	x_2	x_3	Наименование	% ГЦ	% Г	% Тр
Опт. состав	1,215	-0,136	-0,081	Опт. состав	14,43	9,66	15,68
Состав 1	1,215	-1,215	-0,207	Состав 1	9,57	6,96	15,17
Состав 2	1,215	1,215	1,215	Состав 2	14,43	13,04	20,86

В таблице 3 показано, что значение прочности на сжатие состава 1 с содержанием добавок 31,70% от массы вяжущего максимальное и приблизительно равно значению прочности бездобавочного цемента в марочном возрасте. Однако, при этом состав дает усадку, даже большую, чем контрольный. Состав 2 имеет большое расширение в 28 сут., к тому же прочность на сжатие составляет 73,25% от прочности контрольного состава в том же возрасте. Таким образом, по методу многокритериальной оптимизации рассчитан оптимальный состав безусадочного композиционного вяжущего с высокими прочностными

характеристиками в сравнении с бездобавочным портландцементом (в рамках погрешности в соответствии с ГОСТ 30744 - 2001). Кинетика твердения и развития деформаций цементного камня приведены на рисунке 1 и 2.

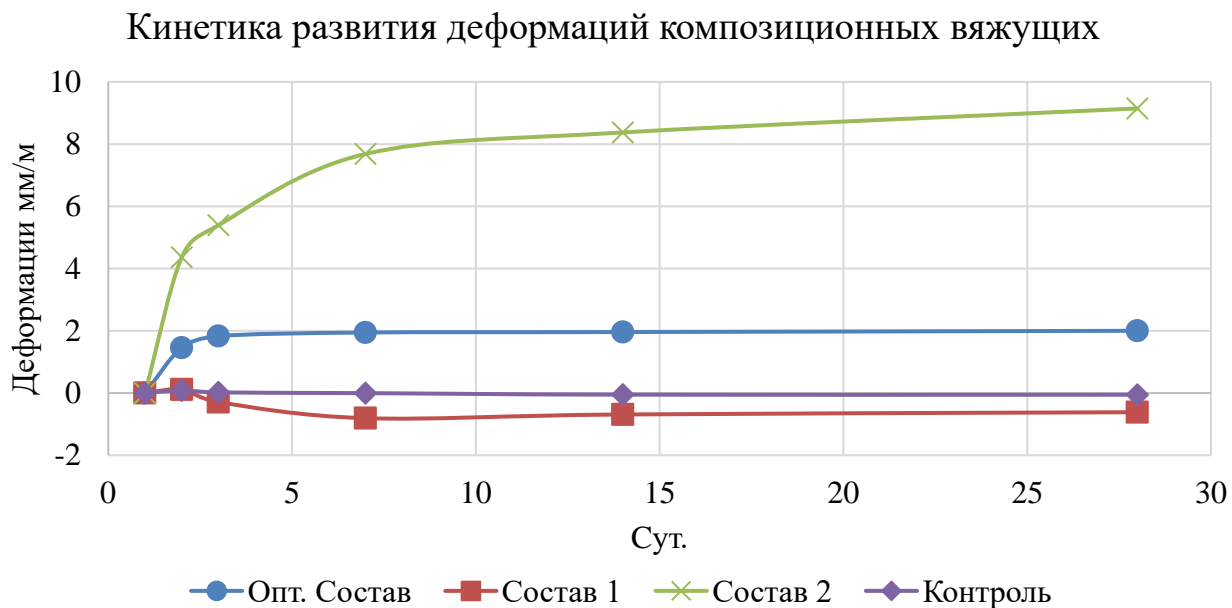


Рис.1. Кинетика развития деформаций цементного камня в зависимости от состава композиционного вяжущего

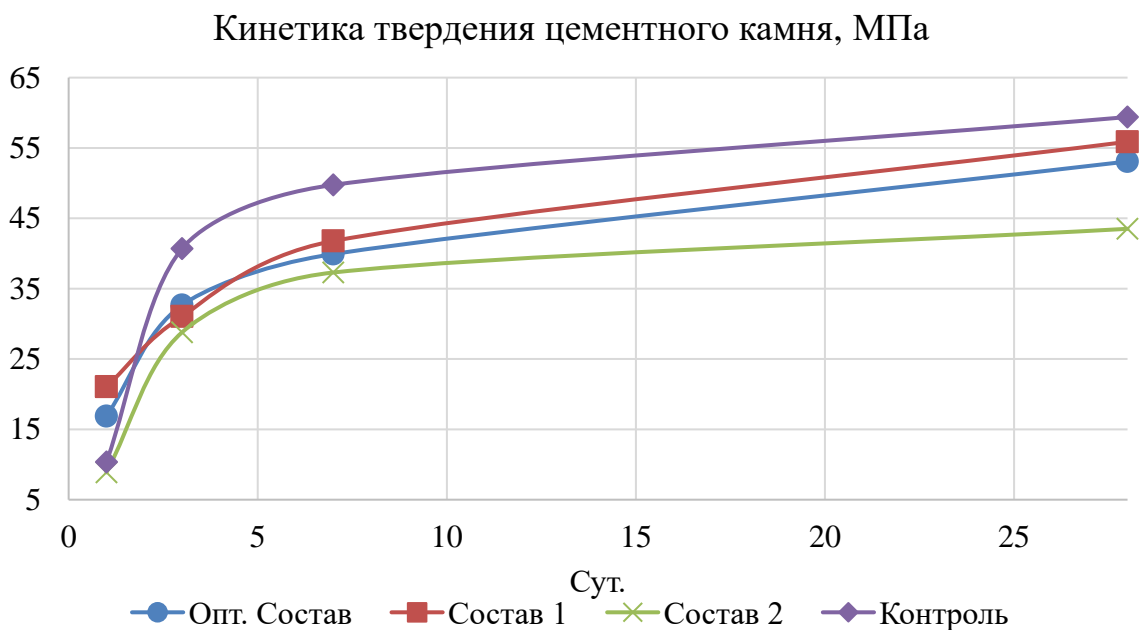


Рис.2. Кинетика твердения цементного камня в зависимости от состава композиционного вяжущего

ВЫВОДЫ

Проанализировав данные, можно сделать следующие выводы:

1. Используя метод изменения ограничений (многокритериальная оптимизация) для уравнений регрессии прочности и деформации цементного камня в 28 сут, находили оптимальный состав композиционного вяжущего, состоящий из 14,43% глиноземистого цемента (ГЦ), 9,66% природного гипса (Г), 15,68% трепела (Тр) и 60,23% Портландцемента.

2. Полученные результаты будут в дальнейшем использованы для прогнозирования свойств вяжущего при проведении дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецова Т. В., Сычев М. М., Осокин А. П., Корнеев В. И., Судакас Л. Г. Специальные цементы: учебное пособие. СПб.: Стройиздат. 1997. 314 с.
2. Кривобородов Ю. Р., Самченко С. В. Химия и технология напрягающих цементов: учебное пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева. 2019. 80 с.
3. Кривобородов Ю. Р., Самченко С. В. Состав и свойства расширяющихся цементов: учебное пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева. 2004. 54 с.
4. Лам Н. З. Т., Самченко С. В., Швецова В. А., Булгаков Б. И. Влияние комплексных добавок на прочность цементного камня в раннем возрасте // Промышленное и гражданское строительство. 2023. №. 5. С. 52 – 59. DOI: 10.33622/0869-7019.2023.05.52-59.
5. Лам Н. З. Т., Самченко С. В., Лам В. Т., Швецова В. А. Оптимизация пропорций композиционного вяжущего с комплексными добавками // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. Вып. 3. С. 427 – 437. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.3.427-437.
6. Самченко С. В., Зорин Д. А., Лам Н. З. Т., Лам Т. В. Влияние содержания комплексных добавок на деформационные характеристики цемента // Строительство: наука и образование. 2023. Т. 13. Вып. 1. С. 137 – 151. DOI: 10.22227/2305-5502.2023.1.10.

ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНА НА ОСНОВЕ ДРОБЛЕННОГО ПЕНОПЛАСТА ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

Е.А. Король¹, М.В. Садковский²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹professorkorol@mail.ru

²sadko_m@mail.ru

Аннотация

При проведении работ по капитальному ремонту ограждающих конструкций зданий в комплексе задач решается проблема повышения их теплотехнических показателей на дальнейший период эксплуатации. Важная роль в решении проблемы энергосбережения и экономии тепловой энергии принадлежит высокоэффективной строительной тепловой изоляции. Этому способствует внедрение энергоэффективных технологий и материалов. Для утепления плоских кровель находят применение лёгкие бетоны низкой теплопроводности, приготовление которых возможно в построечных условиях. Одним из эффективных видов таких бетонов является полистиролбетон низкой теплопроводности, прочностные и деформативные свойства которого всесторонне изучены и определены нормативными документами, что позволяет использовать его в соответствии с рациональными областями применения. Новым перспективным направлением в совершенствовании технологии низкотеплопроводных бетонов является разработка бетона на основе вторичного переработанного (дроблёного) полистирольного пенопласта.

ВВЕДЕНИЕ

Всесторонние исследования полистиролбетона имеют многолетнюю историю [5]. Этот низкотеплопроводный бетон обладает широким диапазоном физико-механических характеристик, который позволяет использовать его в качестве альтернативного теплоизоляционного материала для большинства видов ограждающих конструкций [1]. В комбинации с конструкционными материалами создается многослойная конструкция, в которой основные нагрузки и воздействия воспринимаются конструкционными слоями, а теплоизоляционный бетон располагается в зоне наименьших напряжений [7].

Применение низкотеплопроводных бетонов в качестве теплоизоляционного слоя позволяет обеспечить не только высокий уровень теплозащиты, но и пролонгировать безремонтный срок службы [8.13]. Разработана, всесторонне исследована и внедрена технология использования полистиролбетона и других видов низко теплопроводных лёгких бетонов в ограждающих конструкциях промышленного изготовления [2.14]. Известен опыт применения полистиролбетона при производстве работ по устройству теплоизоляционных слоёв наружных стен в монолитном домостроении [9.15]. Применение полистиролбетона низкой плотности в основаниях плоских кровель позволяет снизить нагрузку на перекрытия, уменьшить теплопроводность, увеличить шумоизоляцию, сократить трудоёмкость устройства конструкции [10.11.12].

Одним из путей дальнейшего совершенствования технологий бетонов низкой теплопроводности, обеспечивающей уменьшение стоимости строительных работ, снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду, связанной с производственным процессом полного цикла изготовления традиционных теплоизоляционных материалов, является разработка технологии производства полистиробетона с заполнителем из вторичного сырья на основе дробления полистирольного пенопласта. [6].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Продукт дробления вторичного пенополистирола содержит большое количество разного размера зёрен, что снижает плотность их упаковки и для заполнения пустот при

формировании бетонного композитного камня потребуется равноценный расход цементного теста и мелкого заполнителя. В процессе измельчения крупнозернистого сырья гранулометрический состав его изменяется так, что плотность упаковки частиц для данного способа и режима измельчения может достичь наибольшей, а затем снижаться. При избытке мелкой фракции снижается плотность упаковки частиц. Применение фракционирования не только крупного, но и “мелкого” заполнителя значительно сокращает расход цемента.

При использовании вторичного пенополистирола, имеется большее количество гранул различных размеров и форм, что затрудняет равномерность их распределения. Традиционно гранулометрический состав может быть подобран двумя основными способами - смешиванием фракций или выбором эталонной кривой гранулометрического состава. При реализации первого способа прочность при сжатии зависит в основном от качества цементного камня и его количества, идущего на покрытие тонким слоем поверхности и раздвижку зёрен заполнителя, и, практически, не зависит от количества цементного камня, находящегося в его пустотах, поэтому рационально в пустоты между зёрнами крупного заполнителя вводить мелкий заполнитель.

Для полистиролбетона с заполнителем из дроблённого пенопласта верифицированы зависимости для определения прочности (1) и (2) и плотности материала (3) на основе разработанной расчётной модели полистиролбетона как двухкомпонентного материала слитной структуры [3.4.16]

$$R_{\text{ПСБ}} = 0,24R_{\text{ц}} \cdot \{ 0,001 * R_{\text{ПСБ}} - P_{\text{EPS}} / 1 - \phi \}^2 * (1 - \phi)^n \quad (1)$$

$$R_{\text{ПСБ}} = 0,3R_{\text{ц}} \cdot (Ц/В - 0,5) \cdot (1 - V_{\text{в.м}} / 100) \cdot (1 - \phi)^n \quad (2)$$

$$R_{\text{ПСБ}} = 1000 [\phi \cdot P_{\text{EPS}} + (1 - \phi) \cdot R_{\text{ц.м.}}] \quad (3)$$

Преобразуя формулу (1), получаем уравнение (4), позволяющее рассчитать плотность полистиролбетона с заданной прочностью:

$$R_{\text{ПСБ}} = 1000 [P_{\text{EPS}} + (1 - \phi) \sqrt{\frac{R_{\text{ПСБ}}}{0,24 * R_{\text{ц}} * (1 - \phi)^n}}] \quad (4)$$

В формулах (1-4):

- $R_{\text{ПСБ}}$ – прочность полистиролбетона при сжатии, МПа;
- $R_{\text{ПСБ}}$ – плотность полистиролбетона в сухом состоянии, кг/м³;
- P_{EPS} – плотность вспененных гранул полистирольного бисера ПВГ(EPS), г/см³;
- $R_{\text{ц.м.}}$ – плотность поризованной цементной матрицы в сухом состоянии, г/см³;
- ϕ – объемная концентрация ПВГ(EPS), определяемая из степенной зависимости:

$$R_{\text{ПСБ}} = R_{\text{ц.м.}} \cdot (1 - \phi)^n \quad (5)$$

где $R_{\text{ц.м.}} = 0,24 R_{\text{ц}} R_{\text{ц.м.}}^2$,

в случае поризованной цементной матрицы

$$R_{\text{ц.м.}} = 0,3 R_{\text{ц}} (Ц/В_{\text{CWR}} - 0,5) * (1 - \frac{V_{\text{в.м.}}}{100})^2,$$

где $V_{\text{в.м.}}$ – объем вовлеченного воздуха, %;

$R_{\text{ц}}$ – плотность цемента, г/см³;

$R_{\text{ц}}$ – активность цемента, в возрасте 28 сут. или после тепловой обработки, МПа;

- n – комплексный показатель, характеризующий совокупность свойств заполнителя и их влияние на прочность бетона.

Пользуясь этими формулами, можно установить значения минимальной плотности с требуемой прочностью на применяемых материалах и оптимальный состав полистиролбетона.

Математическое планирование эксперимента как метод оценки влияния структурно-технологических характеристик на свойства бетонных смесей.

Теплоизоляционное кровельное основание из полистиролбетона должно отвечать, комплексу требований. Оно должно иметь минимальную среднюю плотность при заданной марке по прочности (M15, 25 или M50), низкий коэффициент теплопроводности (λ), высокую морозостойкость (F) и ряд других нормируемых показателей.

Оптимизация составов теплоизоляционных лёгких бетонов с учётом всех перечисленных требований - задача сложная, и решение её наиболее успешно можно осуществить с помощью методов математического планирования эксперимента (МПЭ). МПЭ позволяет, одновременно варьировать несколькими значениями независимых переменных (факторов) и оценить их влияние на изучаемые характеристики, а также на основании опытных и расчётных данных получить математические модели исследуемых зависимостей.

Перед решением задач по данным моделям выполнялся их полный статистический регрессионный анализ методом наименьших квадратов. Все этапы регрессионного анализа, а в конечном итоге и вычисление коэффициентов полинома (1) проводились с применением компьютерных технологий в виде разработанной оболочки в программе Microsoft Excel. В результате статистической обработки полиномиальных моделей были получены коэффициенты уравнений регрессии, отражающих связь между исследуемыми свойствами композита и содержанием варьируемых факторов.

Решение большинства оптимизационных задач связано с использованием полиномов второго порядка В настоящих исследованиях был принят ротатабельный план второго порядка с числом факторов $K = 4$ на пяти уровнях варьирования, позволяющий получить полные квадратичные уравнения регрессии вида:

$$y = b_0 + \sum_{(1 \leq i \leq k)} [b_i X_i] + \sum_{(1 \leq i \leq j \leq k)} [b_{ij} X_i X_j] \quad (6)$$

В качестве факторов выбраны структурно-технологические характеристики, которые, оказывают наибольшее влияние на структуру и свойства теплоизоляционных бетонов пониженной плотности:

объём вовлечённого воздуха, $V_{вц.м.} \% (Air)$

объёмные концентрации цементного камня C

Объёмная концентрация ПВГ (EPS), определяемая из степенной зависимости: $\phi - 0,3-0,7$

средний размер гранул ПВГ (EPS) $D_{ср}$ (мм)

Табл. 1

Факторы	Кодированный вид	Уровни варьирования					Интервал варьирования
		-2	-1	0	+1	+2	
Натуральный вид							
Объём вовлечённого воздуха $V_{вц.м.} \% (Air)$	x1	30	40	50	60	70	10
Объёмная концентрация цементного камня, C	x2	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2	0,02
Объёмная концентрация EPS, определяемая из степенной зависимости: $\phi - 0,3-0,7$	x3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,1
$D_{ср}$ (мм)	x4	1,64	3	7	11	15	4

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Матрица планирования эксперимента и фактические составы полистиролбетона, полученные в результате её реализации, приведены в таблице 1 и 2

Табл. 2

№ № Сос тав ов	Матрица планирования				Расход материалов на 1м ³ бетонной смеси						Средняя плотность бетонной смеси, кг/м ³ (P)	Прочность полистиролбетона при сжатии, МПа;(R)
					Цемент, Сement кг	Полистирол (EPS)		Вода (Water)	Водоцементное соотношение в/ц (WCR)	Объем вовлеченного воздуха в цементной матрице % (Air)		
	x1	x2	x3	x4	КГ	КГ	Л	Л		%		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	+1	+1	+1	+1	180	18	600	266,4	1,48	60	207,0875	0,26524975
2	+1	+1	+1	-1	180	18	600	266,4	1,48	60	207,0875	0,39535069
3	+1	+1	-1	+1	180	18	600	169,2	0,94	60	207,9887	0,29110477
4	+1	-1	-1	-1	140	12	400	131,6	0,94	60	207,9887	0,36364548
5	+1	-1	+1	+1	140	12	400	145,6	1,04	60	161,4534	0,14615803
6	+1	-1	+1	-1	140	12	400	145,6	1,04	60	161,4534	0,21784629
7	+1	-1	-1	+1	140	12	400	103,6	0,74	60	161,4534	0,15878442
8	+1	-1	-1	-1	140	12	400	103,6	0,74	60	161,4534	0,19835208
9	-1	+1	+1	+1	180	18	600	146,3	0,813	40	180,1199	0,19061443
10	-1	+1	+1	-1	180	18	600	146,3	0,813	40	180,1199	0,28410788
11	-1	+1	-1	+1	180	18	600	126	0,7	40	210	0,29772079
12	-1	+1	-1	-1	180	18	600	126	0,7	40	210	0,37191015
13	-1	-1	+1	+1	140	12	400	103,6	0,74	40	161,4534	0,14615803
14	-1	-1	+1	-1	140	12	400	103,6	0,74	40	161,4534	0,21784629
15	-1	-1	-1	+1	140	12	400	84,84	0,606	40	161,0419	0,15779202
16	-1	-1	-1	-1	140	12	400	84,84	0,606	40	161,0419	0,19711238
17	+2	0	0	0	160	15	500	216	1,35	70	184,6164	0,23831479
18	-2	0	0	0	160	15	500	104,9	0,656	30	184,5558	0,23812788
19	0	+2	0	0	200	21	700	204	1,02	50	231,5564	0,40497938
20	0	-2	0	0	120	9	300	78	0,65	50	138,2531	0,11682097
21	0	0	+2	0	160	15	500	104,8	0,655	50	96,02556	0,04272904
22	0	0	-2	0	160	15	500	216	1,35	50	390,7717	1,31201780
23	0	0	0	+2	160	15	500	128,6	0,804	50	184,1103	0,19119431
24	0	0	0	-2	160	15	500	128,6	0,804	50	184,1103	0,33931288
25	0	0	0	0	160	15	500	128,6	0,804	50	184,1103	0,23675718
26	-2	-2	+2	-2	120	9	300	85,8	0,715	30	138,8663	0,21705451
27	-2	-2	+2	-1	120	9	300	91,2	0,76	30	149,7184	0,19311456
28	-2	-1	+2	-1	140	12	400	113,4	0,81	30	160,7239	0,23025198
29	-1	-1	+2	0	140	12	400	130,2	0,93	40	161,9659	0,17069562
30	0	0	0	0	160	15	500	128,6	0,804	50	184,1103	0,23675718
31	-2	-2	-2	-2	120	9	300	63,6	0,53	30	124,8880	0,10922560
32	+2	+2	+2	+2	200	21	700	896	4,48	70	230,7423	0,27248188

В физической химии, в металловедении и других химико-технологических науках в качестве стандартных инструментов исследований широко применяются симплексы (выпуклые многогранники, не имеющие диагональных сечений): прямая, треугольник, тетраэдр, пентагон и др. [17]. Для наглядного представления изменения исследуемых характеристик материалов при варьировании в составах трёх факторов предпочтительным является использование правильного треугольника как базы трёхкомпонентных диаграмм, позволяющего выразить точно, графическим путём, не только качественно, но и

количественно взаимные отношения и свойства. Наглядность треугольника послужила основанием для выбора его Гиббсом (по соотношению отрезков) и Розебомом (по соотношению высот) в качестве поля для отображения отношений связей между трёхкомпонентным составом и термодинамическими константами вещества. Рисунок 2

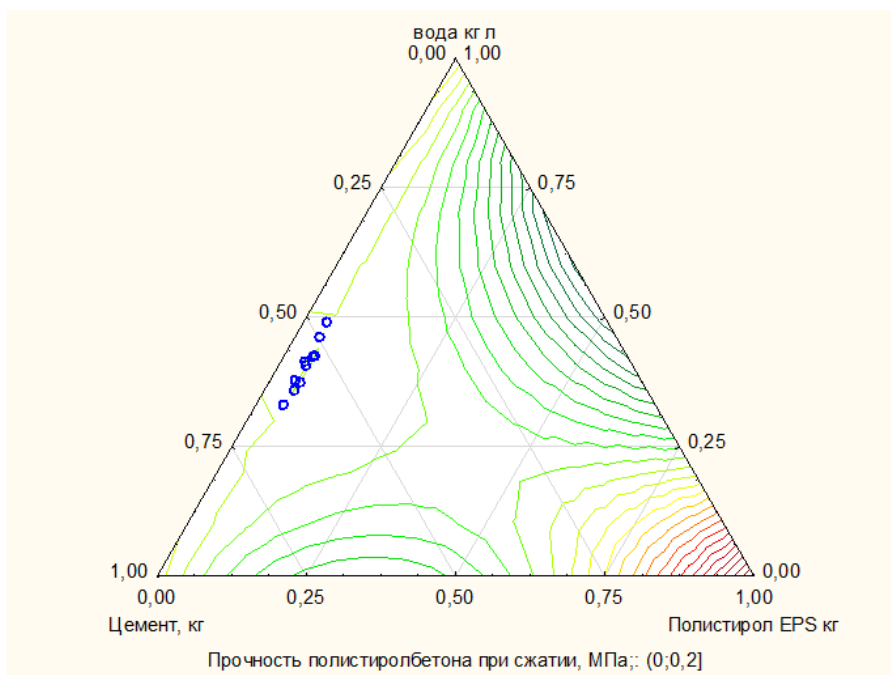


Рис. 1

На основе статистических данных строится модель зависимости прочностных характеристик полистиролбетона. Рисунок 2

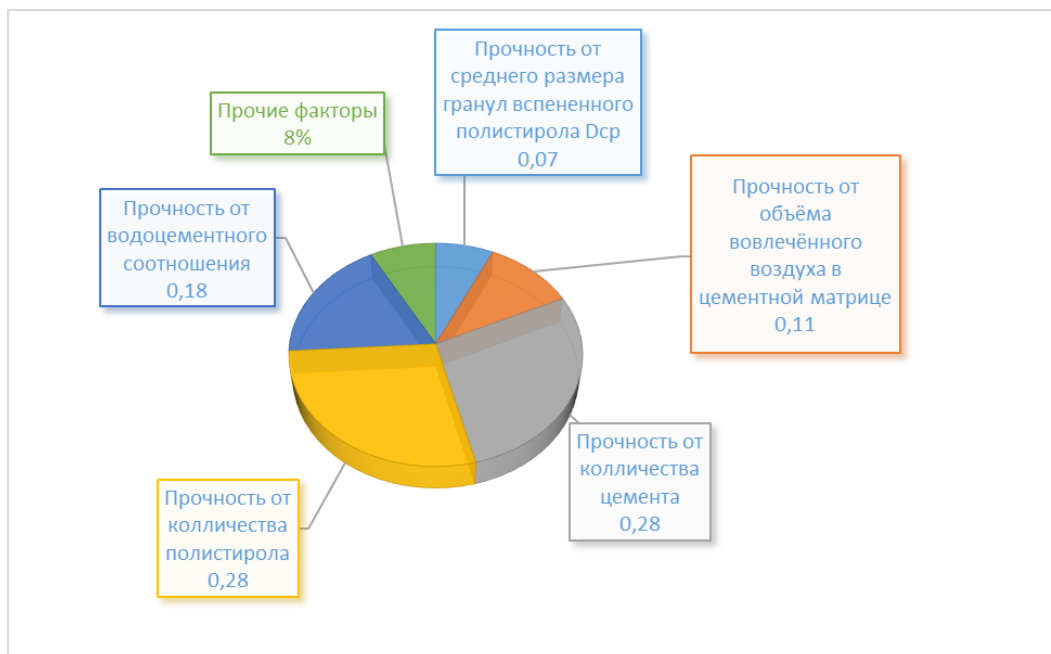


Рис. 2

Для всех выходных параметров расчётное значение критерия Фишера ниже табличного, следовательно, полученные математические модели адекватно описывают изучаемые свойства.

ВЫВОДЫ

Одним из перспективных решений совершенствования технологий устройства теплоизоляционного слоя из бетона низкой теплопроводности при капитальном ремонте кровельных покрытий является применения дробленного полистирольного пенопласта в качестве заполнителя теплоизоляционного бетона. Такой бетон возможно приготовить на строительной площадке, при условии использования заранее отсортированного, фракционированного пенополистирола. Значительная вариативность плотности и прочности пористого заполнителя затрудняет обеспечение стабильности физико-механических характеристик бетона.

Для применения измельченного пенополистирола необходимо выполнение требований по отбору и сортировке заполнителя, идентично с применением первичного пенополистирола, преимущественно для марок бетона по средней плотности ниже D450. Это позволяет получить экономию цемента, уменьшение плотности и теплопроводности без изменения прочности. Понижение водоцементного отношения до 0,35-0,4 обеспечивает удовлетворительную удобоукладываемость смеси при введении водорегулирующих добавок без существенного изменения прочности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Vu Dinh Tho, Tang Van Lam, Vu Kim Dien, B.I. Bulgakov, E.A. Korol. Properties and thermal insulation performance of light-weight concrete. Magazine of Civil Engineering. 2018. 84(8). Pp. 173–191. doi: 10.18720/MCE.84.17.
2. Тхо В.Д., Лам Т.В., Король Е.А., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А. Теплоизоляционные свойства эффективных легких бетонов для трехслойных ограждающих покрытий зданий// Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 5. С.36-44.
3. Рахманов В.А. Теплоэффективные ограждающие конструкции зданий с использованием полистиролбетонов, разработанных институтом «ВНИИЖЕЛЕЗОБЕТОН» // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 2. С. 9–18.
4. Рахманов В. А. Резервы теплозащитных и прочностных свойств полистиролбетона и эффективности его применения в строительстве// Промышленное и гражданское строительство. 2017. №3. С. 67-72.
5. Ибрагимов А.М., Титунин А.А., Гнедина Л.Ю., Лабутин А.Н. Полистиролбетон в промышленном и гражданском строительстве // Строительные материалы. 2016. № 10. С. 21–23.
6. Журба О.В., Щукина Е.Г., Архинчеева Н.В., Заяханов М.Е., Щукин Э.А. Конструкционно-теплоизоляционный полистиролбетон на основе регенерированного сырья // Строительные материалы. 2007. № 3. С. 50–54
7. Tho, V.D., Korol, E.A., Vatin, N.I., Duc, H.M. The Stress–Strain State of Three-Layer Precast Flexural Concrete Enclosure Structures with the Contact Interlayers. Buildings 2021, 11, 88. <https://doi.org/10.3390/buildings11030088>.
8. Elena Korol, Vu Dinh Tho and Yuliya Kustikova. Model of stressed-strained state of multi-layered reinforced concrete structure with the use of composite reinforcement, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 365 (2018) 052033 <https://doi.org/10.1088/1757-899X/365/5/052033>.
9. Elena Korol, Vu Dinh Tho and Nguyen Huy Hoang. Analysis the effects of lightweight concrete in the middle layer of multi-layered reinforced concrete structures on the stress-strain state using the finite element method, MATEC Web of Conferences 196, 02022 (2018) doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819602022>.
10. Dinh Tho, V., Korol, E., & Huy Hoang, N. (2018). Analysis of the effectiveness of thermal insulation of a multi-layer reinforced concrete slab using layer of concrete with low thermal conductivity under the climatic conditions of Vietnam. MATEC Web of Conferences, 251, 04026. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201825104026>.
11. Elena Korol, Vu Dinh Tho. Influence of Geometrical Parameters of the Cross Section, Strength and Deformability of the Materials Used on Stress-strain State of Threelayered Reinforced Concrete, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 661, 012121 (2019), IOP Publishing doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/661/1/012121>.
12. Elena Korol, Vu Dinh Tho, Yuliya Kustikova and Nguyen Huy Hoang «Finite element analysis of three-layer concrete beam with composite reinforcement», MATEC Web of Conferences 97, 02023 (2019) doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199702023>.
13. Korol, E. A., & Tho, V. D. (2020). Bond strength between concrete layers of three-layer concrete structures. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 775, 012115. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/775/1/012115>.

14. Korol, E. A., & Vu Dinh Tho. (2021). Geometric and physio-mechanical characteristics of the contact layer area of multilayer reinforced concrete structures. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1015 (2021) 012034. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1015/1/012034>.
15. Korol Elena, Vu Dinh Tho, Nguyen Huy Hoang. Analysis of the effectiveness of thermal insulation of a multi-layer reinforced concrete slab using a layer of concrete with low thermal conductivity under the climatic conditions of Vietnam. MATEC Web of Conferences 251, 04026 (2018). 8p. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201825104026>.
16. Рахманов В.А. «Расчетный метод определения состава полистиролбетона с требуемой прочностью и минимальной плотностью». Журнал «Промышленное и гражданское строительство», № 7, 2009, стр. 45-47
17. Nizina T.A., Balykov A.S. Analiz kompleksnogo vliyaniya modifitsiruyushchikh dobavok i dispersnogo armirovaniya na fiziko-mekhanicheskiye kharakteristiki melkozernistykh betonov [Analysis of the combined effect of the modifier additives and particulate reinforcement on the physicomachanical characteristics of fine-grained concretes]. Regional architecture and construction. 2015. No. 4. Pp. 25-33. (rus)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БАЗЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОННЫХ ОБРАЗЦОВ

П.Д. Арленинов¹, П.С. Калмакова²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

^{1,2}Лаборатория №8 «Механики железобетона» НИИЖБ им. А.А. Гвоздева,

¹arleninoff@gmail.com

²polina15kalmakowa@gmail.com

Аннотация

В статье рассматривается оборудование, используемое в лабораториях нашей страны и в зарубежных для определения деформаций усадки и ползучести, указаны схожие и отличительные особенности. Приведены сильные и слабые стороны различных типов установок для создания длительного давления на образец, показаны основные используемые средства измерения. При сравнении используемого оборудования и анализируя его устройство в нашей стране и зарубежом в первую очередь видны значительные отличия по передаче давления на испытываемые образцы при испытании на ползучесть, все остальные позиции по которым проводилось сравнение хоть и отличаются между собой, но достаточно близки по принципу работы.

ВВЕДЕНИЕ

На территории Российской Федерации проведение испытаний по определению основных деформационных характеристик бетонных образцов регламентирует ГОСТ 2454 [1] (был актуализирован в 2020г) – определение ползучести и усадки бетона и ГОСТ 24452 – определение модуля упругости и коэффициента Пуассона. С одной стороны данные стандарты однозначно описывают методы проведения испытаний, но с другой стороны присутствует значительная вариативность как в части использования измерительного оборудования, так и испытательных устройств. Зарубежные стандарты, описывающие подобные испытания больше гармонизированы между собой и значительно отличаются от указанных ГОСТ, в первую очередь это:

- ISO 1920:8-2009 Испытания бетона. Часть 8: Определение усадки бетона при высыхании на образцах, изготовленных в полевых или лабораторных условиях [2];
- ISO 1920:9-2009 Испытания бетона. Часть 9: Определение ползучести бетонных цилиндров при сжатии [3];
- ISO 1920:10-2010 Испытания бетона. Часть 10: Определение статического модуля упругости при сжатии [4];
- BS EN 12390:13-2021 Испытания бетона. Часть 13: Определение секущего модуля упругости при сжатии [5];
- BS EN 12390:16-2021 Испытания бетона. Часть 16: Определение усадки бетона [6];
- BS EN 12390:17 Испытания бетона. Часть 17: Определение ползучести бетона при сжатии [7];
- ASTM C512-02 Стандартный метод испытания на ползучесть бетона при сжатии [8].

В настоящей статье, опираясь на большой опыт НИИЖБ как в части проведения таких испытаний на собственных и сторонних испытательных площадках, так и в части анализа аналогичных проводимых испытаний в других организациях нашей страны и за рубежом, показано основное оборудование для проведения таких испытаний рассмотрены его слабые и сильные стороны [9-15].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве испытательных устройств по определению модуля упругости и коэффициента Пуассона используется стандартное прессовое оборудование, в большинстве организаций с электронным блоком управления, поэтому в данной статье оно рассматриваться не будет. Основные отличия в методиках испытания подробно рассмотрены в работах [9-11] и касаются в основном порядка загрузки, размеров и формы образца. Что касается установок по определению деформаций ползучести то здесь уже отличий среди применяющегося оборудования значительно больше. Принципиально такие установки могут быть:

- пневмогидравлическими установки (рисунок 3),
- пружинно-гидравлические установки (рисунок 5),
- рычажные установки (рисунок 4)
- пружинные установки (рисунок 1,2).

При этом образцы-призмы устанавливаются в установку вертикально, но не более трех образцов, как показано на рисунке 1. Пружинные и пружинно-гидравлические установки оставляют возможность для различной компоновки, так пружины могут быть как снизу, так и посередине и сверху, в целом это влияет только на пассивную безопасность (в случае разрыва пружины) и удобство установки домкрата. В нашей стране наиболее распространены пружинные установки, как наиболее простые из представленных выше, и нагрузкой, обычно не превышающей 50 тонн. Нагрузка на образец передается через стальной шарик для избежания перекоса образца.

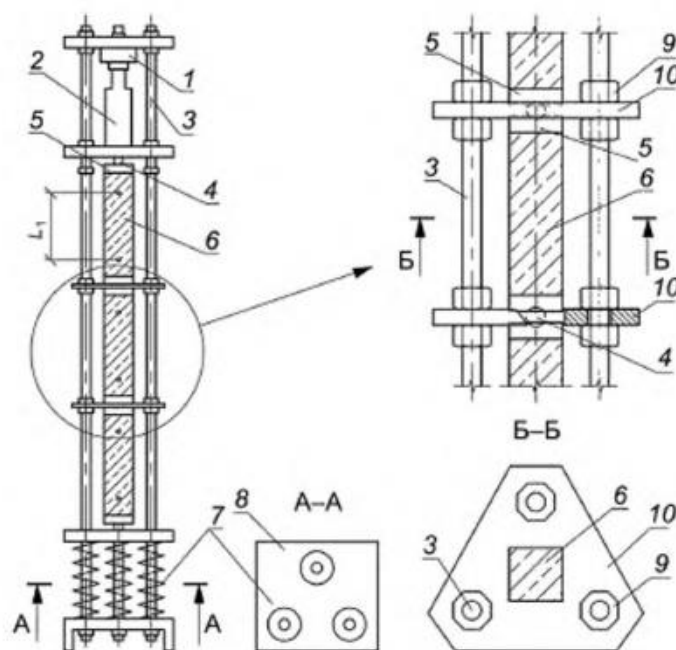


Рис. 1 – Схема устройства установки для определения деформаций ползучести при испытании нескольких образцов в колонне с пружинами в нижней части установки

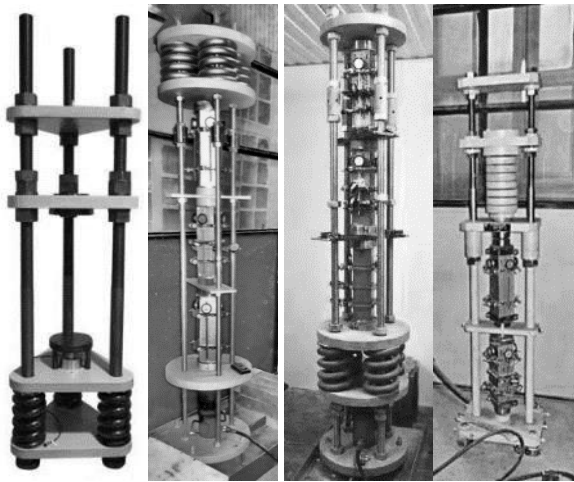


Рис. 2 – Пружинные установки для определения деформаций ползучести

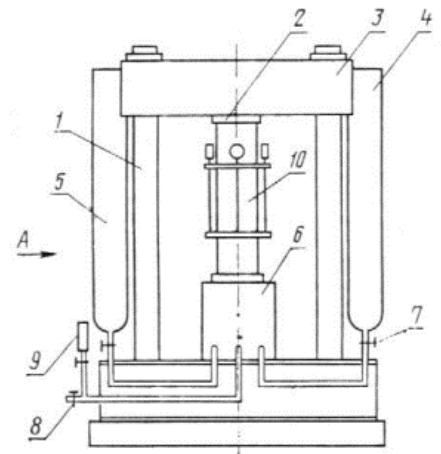


Рис. 3 – Схема пневмогидравлического устройства для определения деформаций ползучести

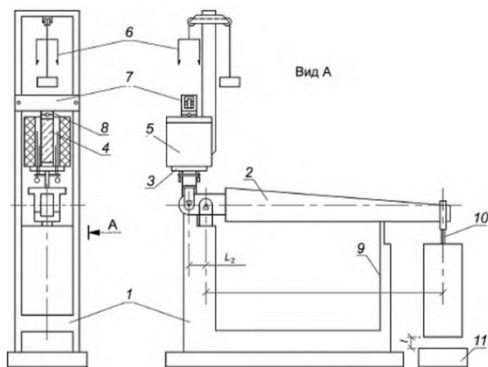


Рис. 4 – Схема рычажного устройства для определения деформаций ползучести

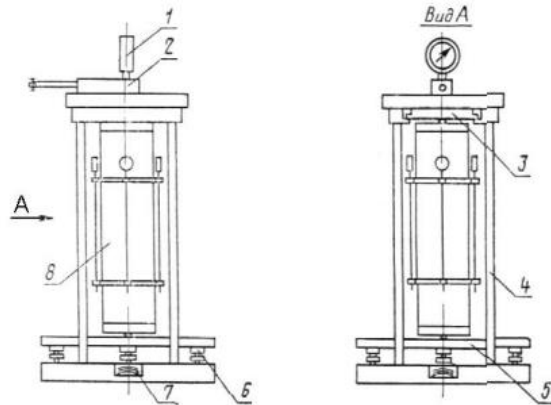


Рис. 5 – Схема пружинно-гидравлического устройства для определения деформаций ползучести

Для каждой установки для определения деформаций ползучести есть свои плюсы и минусы. Для пружинных установок плюсы и минусы приведены в таблице 1, для пневмогидравлической установки – таблица 2, для рычажного – таблица 3 и для пружинно-гидравлической – таблица 4.

Табл. 1 – Анализ и оценка пружинных установок

Плюсы	Минусы
<ul style="list-style-type: none"> - наиболее простая конструкция установок; - возможность нагружения нескольких образцов в одну колонну (как показано на рисунке 1). 	<ul style="list-style-type: none"> - сложность нагружения образцов с помощью домкратов, их приходится переносить с установки на установку; - «подкачка» и проверка напряжений в установке на разных этапах проведения испытаний; - ограничение по максимальной нагрузке - зависит от жесткости пружин.

Табл. 2 – Анализ и оценка пневмогидравлических установок

Плюсы	Минусы
<ul style="list-style-type: none"> - простота нагружения образцов; - регулирование уровня напряжений при проведении испытаний. 	<ul style="list-style-type: none"> - невозможность нагружения нескольких образцов в одну колонну (обычно такие установки достаточно массивные, и несколько образцов установить не получится; - дорогая стоимость установки

Табл. 3 – Анализ и оценка рычажных установок

Плюсы	Минусы
- отсутствие опасных узлов (рукава давления и штуцеры, пружины и т.д.)	- значительные габариты установки (при увеличении требуемой нагрузки увеличивается длина одного из плеч рычага) - ограничение по максимальной нагрузке

Табл. 4 – Анализ и оценка пружинно-гидравлических установок

Плюсы	Минусы
- сочетает плюсы пружинных и гидравлических установок	- более требовательные к обслуживанию относительно пружинных установок - ограничение по максимальной нагрузке - зависит от жесткости пружин.

Все используемые средства измерения работают по одному принципу – определение деформаций в разные моменты времени между фиксированными точками (базой измерения). В Российской Федерации чаще всего используется следующее оборудование (часть только для измерения деформаций усадки, остальное является универсальным и может также использоваться для измерения деформаций ползучести):

- компаратор длины с реперными точками (только усадка), установленные на противоположных гранях образца – рисунок 6;
- рамка с индикаторами часового типа (усадки и ползучесть) – рисунок 7;

На рисунке 8 представлены возможные варианты рамок для определения деформаций усадки и ползучести бетона (для примера на крайнем рисунке справа приведена европейская система определения перемещений на фиксированной базе с использованием электронного деформометра).

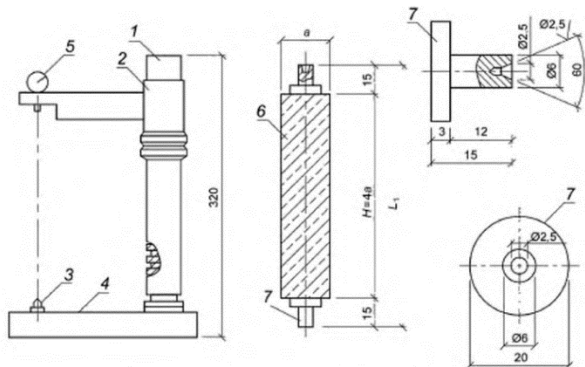


Рис. 6 – Компаратор длины для определения деформаций усадки

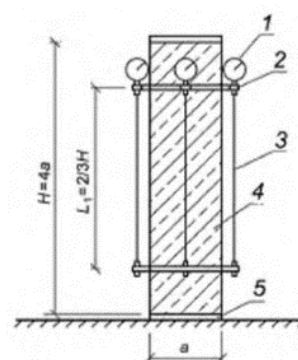


Рис. 7 – Схема устройства рамок с индикаторами часового типа для определения деформаций усадки и ползучести

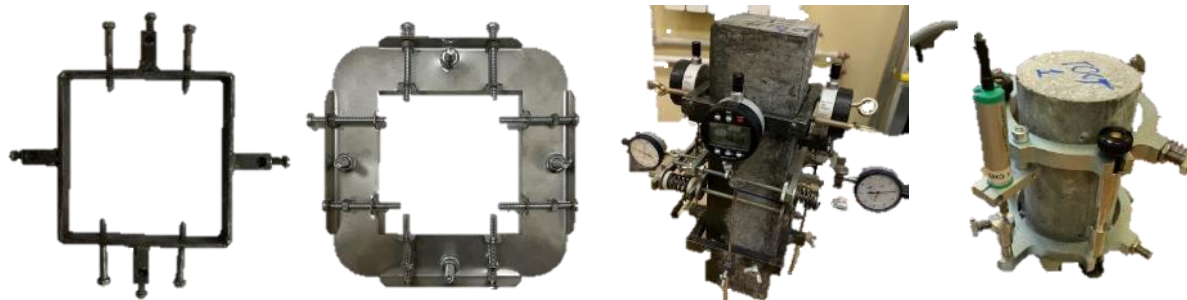


Рис. 8 – Модели рамок для измерения деформаций усадки и ползучести

Удобство использования компаратора длины заключается в простоте обработки данных, однако, при использовании массивных или тяжелых образцов (масса свыше 10 кг) его использование затрудняется. Массово такие компараторы используются только для малых образцов призм размерами 4x4x16см и 7x7x28см. Также на данном приборе не учитываются изменения деформаций по граням образца, для специальных задач такие измерения могут представлять научную ценность.

Применение в качестве основного измерительного оборудования специальных рамок и индикаторов часового типа также обладает преимуществами и недостатками. Так к преимуществу относится тот факт, что определение деформаций усадки возможно по четырем граням, тем самым можно отслеживать разницу в деформациях по разным граням (это важно для контроля перекоса образца, которая может возникнуть как в следствие несоосного приложения нагрузки, так и при неравномерном климатическом воздействии (солнечные лучи, прямой теплоперенос от источника тепла). К недостаткам относится габариты оснастки, сложность ее установки, возможные погрешности при неравномерном деформировании образцов, а также большая чувствительность при к вибрациям в помещении, где проходят испытания.

ГОСТ 24544 допускает также проводить измерение с использованием тензометрического оборудования (практически не используется, обычно системы тензометрии используются только при проведении кратковременных испытаний) и на основе метода контрольных меток (добавлено в последнюю редакцию ГОСТ и такое оборудование на территории РФ встречается крайне редко)

В европейских стандартах ISO 1920-8:2009 и BS EN 12390-16:2019 для измерения деформаций усадки используется вертикальный (рисунок 9) и горизонтальный компараторы длины (рисунок 10).

Данное устройство по принципу работы аналогично компараторам, применяемым на территории нашей страны, но в отличие от устройств, используемых у нас, иностранные компараторы позволяют испытывать в них образцы любых размеров, они также позволяет определять общую деформацию усадки, но при этом не учитывает деформации по граням образцам.

Для определения деформаций ползучести, в соответствии со стандартами ISO 1920-9:2009 и BS EN 12390-17:2019, используются загрузочные рамы, которые способны прикладывать и поддерживать требуемую нагрузку на образец или группу образцов в течении всего срока испытания. Средством для поддержания постоянной нагрузки может быть пружина или система пружин, в качестве альтернативы пружинам можно использовать гидроцилиндр или домкрат. Принципиальная схема загрузочной рамы приведена на рисунке 11. При этом схема, показанная на рисунке 10, предполагает вертикальную загрузку образцов, однако, допускает и горизонтальную схему проведения испытания. Самое главное отличие в проведении испытаний от отечественных норма заключаются в установке образцов. Они устанавливаются друг на друг без через прослойку специального быстротвердеющего состава на основе серы. Американский стандарт ASTM допускает одновременное испытание до 5 образцов в одной установке, это становится возможным поскольку соотношение длины образца к его ширине (диаметру) в нашей стране в два раз больше чем за рубежом 1:4 против 1:2.

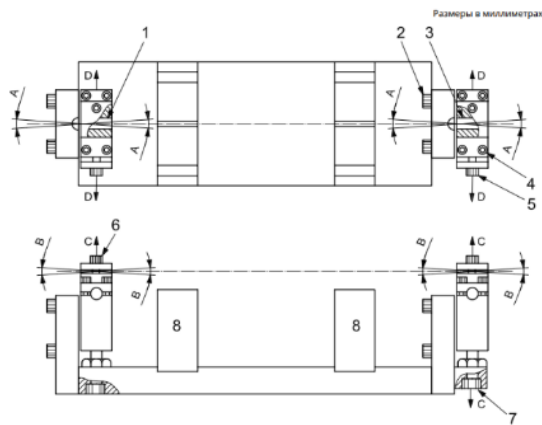


Рис. 9 – Горизонтальный компаратор длины для измерения деформаций усадки

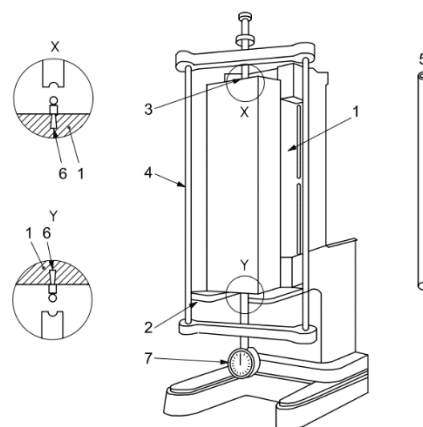


Рис. 10 – Вертикальный компаратор длины для измерения деформаций усадки

Для определения деформаций при проведении испытаний по определению деформаций ползучести бетонных образцов используется механические и цифровые тензометрические устройства, которые должны иметь точность до 0,001 мм, измеряющие расстояние между контрольными метками, которые должны быть жестко прикреплены к образцу.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

По результатам рассмотрения разнообразного измерительного и испытательного оборудования выявлены и плюсы, и минусы каждого типа. Авторы статьи, в своей практике большей частью используют комбинацию модифицированных пружинных установок, с возможностью приложения нагрузки более 60 тонн и цифрового тензометра с измерением расстояния между контрольными метками. Это позволяет, с одной стороны, максимально упростить такие испытания с другой стороны расширить количество получаемой во время испытания информации с требуемой степенью надежности.

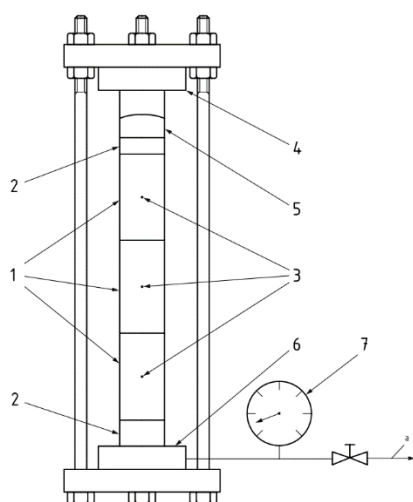


Рис. 11 – Схема загрузочной рамы для проведения испытаний по определению деформаций ползучести бетонных образцов и процесс испытаний



Рис. 12 – Используемое оборудование при проведении испытаний по определению деформаций усадки и ползучести

ВЫВОДЫ

Не смотря на большое разнообразие возможных вариантов использования различных нагружающих устройств при проведении испытаний по определению ползучести бетона как в нашей стране, так и за рубежом наиболее широкое применение нашли пружинные установки, при этом пружины могут располагаться в различных частях установки (снизу, посередине, сверху). В нашей стране в основном используются установки на 1, 2 и 3 образца, за рубежом обычно в одной установке одновременно испытываются от 3 до 5 образцов – в первую очередь это возможно благодаря другим размерам образца – из-за требуемого стандартами ГОСТ 24544 и 24452 соотношения стороны сечения к длине 1:4, образцы получаются примерно в два раза длиннее образцов, используемых в соответствии с зарубежными стандартами ISO, EN, ASTM.

При сравнении оснастки для проведения измерений по определению усадки и ползучести различий ещё больше. В нашей стране чаще всего используют стальные рамки, жестко закрепленные на образце с закрепленными индикаторами часового типа, за рубежом используют комбинацию контрольных меток, приклеиваемых на образец и механического деформометра, из плюсов – такая система значительно компактнее рамок, не так требовательна к температурно-влажностным условиям и проще в монтаже, но требует дополнительного прибора для снятия показаний, который необходимо приносить каждый раз в испытательное помещения при съеме показаний, сама съемка занимает больше времени. Первым направлением, с которого на наш взгляд, с которого лучше начинать гармонизацию Российских и зарубежных стандартов является унификация типоразмеров образцов, но для этого необходимы обширные комплексные испытания на бетонах разных классов.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 24544-2020 Бетоны. Методы определения деформаций усадки и ползучести. Москва: Стандартинформ; 2021.
2. ISO 1920-8:2009 Testing of concrete – Part 8: Determination of drying shrinkage of concrete for samples prepared in the field or in the laboratory, Switzerland, 2009
3. ISO 1920-9:2009 Testing of concrete – Part 9: Determination of creep of concrete cylinders in compression, Switzerland, 2009
4. ISO 1920-10:2009 Testing of concrete – Part 10: Determination of static modulus of elasticity in compression, Switzerland, 2009
5. BS EN 12390-13:2021 Testing hardened concrete – Part 13: Determination of secant modulus of elasticity in compression, The British Standards Institution, 2021

6. BS EN 12390-16:2021 Testing hardened concrete – Part 16: Determination of the shrinkage of concrete, The British Standards Institution, 2021
7. BS EN 12390-17:2021 Testing hardened concrete – Part 17: Determination of creep of concrete in compression, The British Standards Institution, 2021
8. ASTM C512-02 Standards Test Method for Creep of Concrete in Compression, United States, 2009
9. Крылов, С. Б. Сравнение методов испытаний на модуль упругости бетона по российским и зарубежным нормативным документам / С. Б. Крылов, П. Д. Арленинов, П. С. Калмакова // Строительные материалы. – 2022. – № 9. – С. 4-9. – DOI 10.31659/0585-430X-2022-806-9-4-9. – EDN KONZOS.
10. Арленинов П.Д., Крылов С.Б., Корнюшина М.П. Сравнение методов проведения длительных испытаний на ползучесть бетона в соответствии с российскими и зарубежными нормативными документами. Часть 1: образцы и оборудование. Вестник НИЦ Строительство. 2020. № 4 (27). С. 5-17.
11. Арленинов П.Д. Сравнение методов проведения длительных испытаний на ползучесть бетона по российским и зарубежным нормативным документам. Часть 2: проведение испытаний и обработка результатов. Вестник НИЦ Строительство. 2022. № 2 (33). С. 32-43.
12. Тамразян А.Г. Концептуальные подходы к оценке живучести строительных конструкций, зданий и сооружений, Железобетонные конструкции. 2023. Т. 3. № 3. С. 62–74.
13. Тамразян А.Г. Методология анализа и оценки надежности состояния и прогнозирование срока службы железобетонных конструкций. Железобетонные конструкции. 2023;1(1):5-18.
14. Зенин С.А., Кудяков К.Л., Кудинов О.В. Оценка влияния бетонов на заполнителях по ГОСТ 32703-2014 на прочностные и деформативные свойства изгибаемых железобетонных конструкций. Бетон и железобетон. 2022;(1):10–16. <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-609-1-10-16>
15. Ведерников, А. А. Влияние прочности бетона на изменение перераспределения усилий в арматуре и бетоне при ползучести железобетона / А. А. Ведерников, Р. М. Галиакберов, Д. М. Куцков // Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования: материалы Национальной научно-практической конференции, Астрахань, 09 февраля 2018 года. – Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. – С. 16-19. – EDN YUTHIX.
16. Гурьева, Ю. А. Упрощенная теория нелинейной ползучести бетона при сжатии / Ю. А. Гурьева // Вестник гражданских инженеров. – 2008. – № 2(15). – С. 37-41. – EDN JVRVML.

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТЕНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ МНОГОСЛОЙНОЙ 3Д-ПЕЧАТИ

Д.В. Коньшин

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
dmitrijkonshin@yandex.ru*

Аннотация

Предметом исследования в работе является строительная 3д печать. Объектом – типичные для данной технологии стеновые конструкции. Проводится сравнительный анализ и выявление общих признаков наиболее распространенных конструкций. Оценивается эффективность технологии возведения стеновых элементов методом 3д печати. В результате исследования выявлено, что эффективность возведения наиболее распространенных конструкций можно существенно повысить за счет минимизации или полного устранения холостых перемещений печатающей головки, а также, за счет многослойной печати стены в один проход на всю ширину стены. Кроме того, представляется возможным объединить процесс печати и процесс заполнения стен наполнителем (шумо- или тепло- изоляция). В качестве решения данной задачи предложена запатентованная конструкция печатающей головки, позволяющая печатать 2 наружных слоя стены и перемычки между ними (либо укладывать наполнитель) в один проход. Головка позволяет печатать стены различной толщины с различной шириной слоев и конфигурацией перемычек. Также, она позволяет укладывать наполнитель в виде сыпучих или жидких материалов.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие в строительную отрасль все более уверенно внедряется новый способ возведения объектов строительства с использованием аддитивных технологий методом послойного нанесения строительных составов и смесей. Стремительный рост интереса к данной технологии обусловлен тем, что она позволяет существенно повысить эффективность строительства. В первую очередь, это связано с тем, что при использовании 3д печати становится возможным реализовывать достаточно сложные архитектурные решения, при этом не увеличивая сроки производства работ и их стоимость за счет отсутствия необходимости использования опалубки в сравнении с классическим монолитным способом строительства. Опалубочные работы требуют значительных временных и трудовых затрат, существенно повышают конечную стоимость объекта строительства. Опалубку необходимо изготовить или доработать под заданную в проекте форму стен. Для вышележащих этажей необходимо использовать специальные опоры. Удаление опалубки возможно только после набора бетоном достаточной прочности [1]. Кроме того, 3д печать позволяет достигать большей производительности в сравнении с любыми другими методами строительства, так как большинство строительных принтеров могут обеспечить производительность при укладке бетона на уровне 1-1,5 м³/ч, и при полый конструкции стен это позволяет возводить стеновые конструкции намного быстрее в сравнении с классическими методами. Однако, при всех очевидных преимуществах технологии строительной печати, пока данная технология имеет и ряд недостатков, а также в силу того, что она стала внедряться в строительство относительно недавно, существует множество аспектов, требующих глубокого анализа и изучения для усовершенствования и повышения эффективности данной технологии. Например, технологическим недостатком процесса печати стеновых конструкций является то, что при печати печатающая головка должна периодически совершать либо холостые перемещения, либо на один погонный метр стены совершать как минимум 2 метра перемещений рабочего хода (для случая с двумя оболочками стены). Очевидно, что наиболее рациональным технологически было бы

печатать стену во всю толщину за один проход. Кроме того, процесс заполнения внутренних полостей стены представляет собой отдельную технологическую операцию, что также нецелесообразно. В работе [2] отмечается, что вместо инновационной технологии печати имеет место традиционная технология монолитного бетонирования в опалубке. Задача данной работы – предложить способ повышения эффективности печати стеновых конструкций с точки зрения описанной проблемы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данной работе в качестве материалов рассматриваются типичные конструкции стеновых элементов, возводимых с помощью строительной 3д печати. Методом является их сравнительный анализ, выявление и обобщение конструктивных особенностей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Стеновые конструкции, изготавливаемые с помощью строительной 3д печати классифицируются по различным признакам (рис. 1).












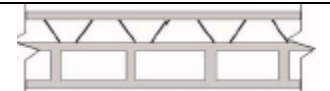


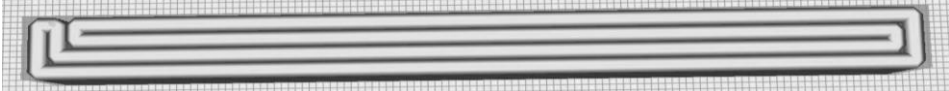
Рис. 1. Классификация 3D-печатных стеновых изделий [3].

При этом все стеновые конструкции можно охарактеризовать тем, что по сути они представляют собой несъемную опалубку, состоящую из наружной и внутренней оболочки, а, также, различных перемычек и диафрагм между ними, имеющих различную конфигурацию, в зависимости от своего функционального назначения (например, они могут выполнять конструктивную функцию, обеспечивая устойчивость изделия при печати

и в процессе эксплуатации; могут образовывать полости для заполнения утеплителем или шумоизоляционными материалами и т.п.) [2-13].

В таблице 1 показаны виды стен с различными конструктивными особенностями.

Табл. 1. Виды стен различной конструкции.

Диафрагма жесткости	Однокамерная	Многокамерная
С диафрагмой жесткости		
Синусоидальная		
Треугольная		
Четырехугольная		
Шестиугольная		
Прямоугольная		
Без диафрагмы жесткости		
С гибкими связями		
Без гибких связей		
Сплошная стена		
		

Наиболее распространенными конструкциями являются [7]:

1. Стеновой элемент, состоящий только из внутренней и внешней оболочки с заполнителем между ними (чаще всего – это пенобетон);
2. Стеновой элемент с перемычками синусоидальной формы;
3. Стеновой элемент с перемычками треугольной формы;
4. Стеновой элемент с гибкими связями;
5. Стеновой элемент без гибких связей;

Для решения поставленной задачи предлагается запатентованная [14] конструкция печатающей головки (рис. 2), позволяющая печатать перечисленные выше конструкции стен в один проход.

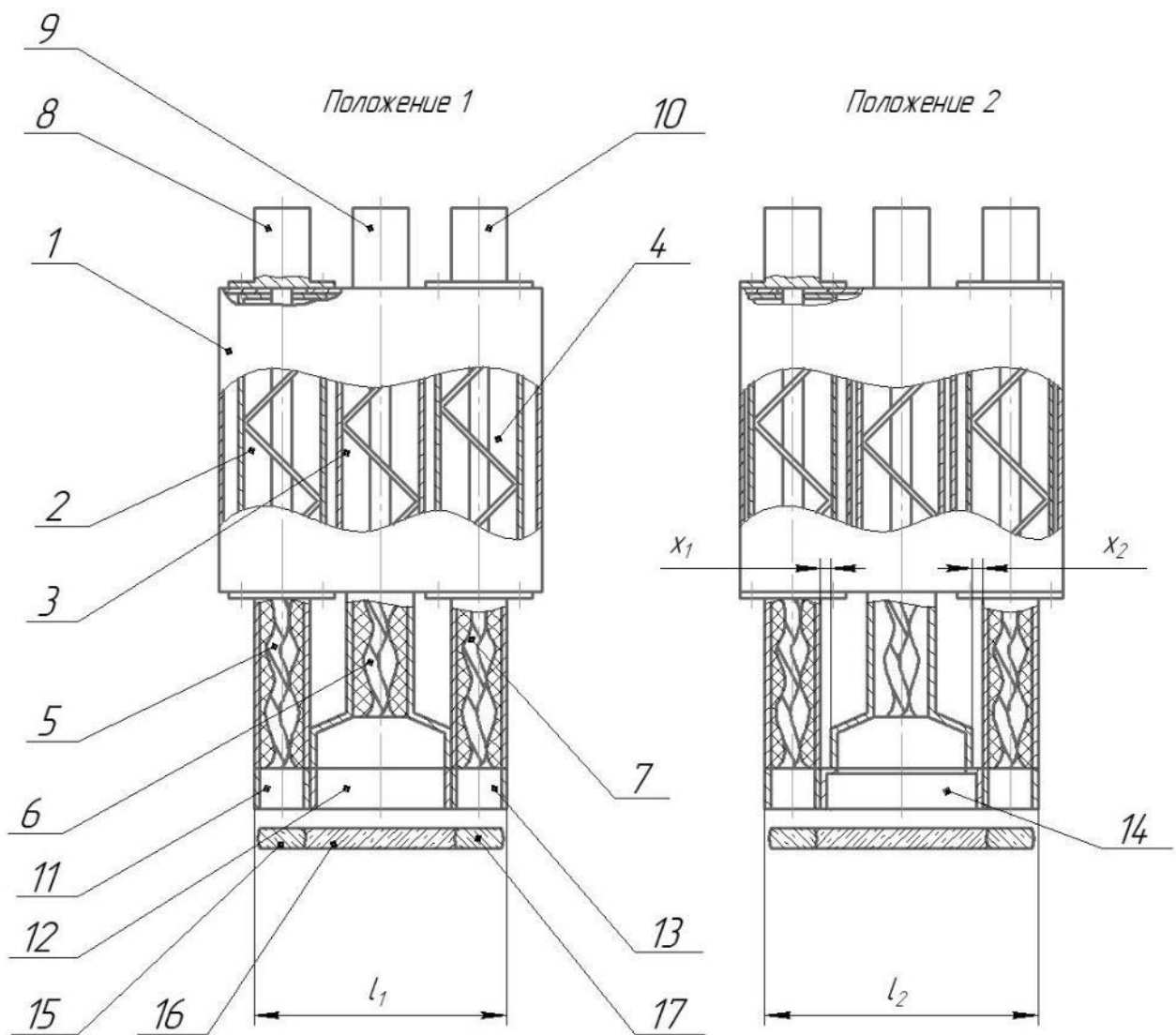


Рис. 2. Печатающая головка.

Печатающая головка состоит из корпуса (1), внутри которого установлено три бункера-накопителя (2), (3), и (4). В каждом бункере установлен собственный вал смешения и подачи (5), (6), (7). Подающая часть валов выполнена в виде ротора героторной пары. На статоры героторных пар устанавливаются сменные насадки (11), (12), (13), (14). Бункеры (2), (3), (4) имеют возможность перестановки в корпусе (1) таким образом, что, оставаясь в одной плоскости, они могут находиться на разном расстоянии друг от друга. Переставляя бункеры (2), (3), (4) на нужное фиксированное расстояние и меняя насадки (11), (12), (13), (14) возможно устанавливать различную ширину печатаемой стены и ширину слоев (15), (16), (17), из которой она состоит. Подавая в каждый бункер отдельную смесь возможно печатать стену из слоев, обладающих отличными друг от друга свойствами. Каждый вал (5), (6), (7) имеет собственный привод (8), (9), (10) соответственно.

Бункеры (2), (3), и (4) устанавливаются таким образом, что относительно исходной ширины l_1 печатаемого тройного слоя в положении 1, ширина в положении 2 нового слоя $l_2 = l_1 + x_1 + x_2$, где x_2 и x_1 – расстояния на которые переставили бункеры (2) и (4) соответственно. На статор ротора вала бункера (3) устанавливается новая насадка (14). В бункеры (2) и (4) подается смесь из прочного бетона, задача которого образовать прочный внутренний и внешний слой будущей печатаемой стены. В бункер (3) подается пенобетон, задача которого создать утепляющий слой внутри стены. Валы (5), (6), (7) приводятся во вращение с нужной частотой приводами (8), (9), (10) соответственно. Перемешивающая часть валов подмешивает смесь, а подающая часть выталкивает смесь через

соответствующие насадки. На выходе образуются 3 примыкающих друг к другу слоя, образующих сечение печатаемой трехслойной стены.

Для печати перемычек возможно оснастить бункер (3) собственным приводом линейного перемещения, что позволит насадке (14) совершать возвратно-поступательные движения в плоскости поперечного сечения печатаемой стены и в процессе перемещения печатающей головки печатать перемычки.

Если заменить геротор (6) на простой шнек, то через бункер (3) можно подавать сыпучие материалы для утепления или шумоизоляции.

Описанная конструкция печатающей головки позволяет печатать стены различной ширины, состоящие из двух оболочек с наполнителем между ними, а, также, с перемычками синусоидальной и треугольной формы. Кроме того, в конструкции предусмотрена возможность менять ширину печатного слоя. При этом, в каждый бункер можно подавать одновременно различные смеси (например, внутреннюю оболочку можно печатать смесью одного цвета, а наружную – другого).

ВЫВОДЫ

В результате анализа различных вариантов конструктивного исполнения стеновых элементов, возводимых с помощью строительной 3d печати, а также, способа их изготовления была определена возможность повышения эффективности печати наиболее часто встречающихся конструкций и сформулирована соответствующая задача. В качестве варианта решения описанной проблемы предложена конструкция печатающей головки, позволяющая печатать стеновые элементы на всю ширину в один проход, включая внутренние перемычки, укладывать элементы шумо- и тепло- изоляции, печатать слоями различной ширины и комбинировать материалы печати, что позволяет значительно сэкономить время и, соответственно, повысить экономическую эффективность технологии строительной печати. Результат работы позволяет утверждать, что при имплементации описанной конструкции и ее окончательной конструкторской проработки, степень автоматизации процесса строительной печати повысится, а следовательно данная задача является перспективным направлением для дальнейшей работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котов О. М., Птухина И. С. Оценка эффективности применения 3d-печати для стеновых
2. Конструкций // Экономика строительства. – 2023. - №5. – С. 73.
3. Молодин В.В., Гасенко И.И., Тими П.Л. Технология 3d-печати одностадийным полистиролбетоном // Наука и Инновационные технологии. - 2020. - N 1 (14). - С. 278-287. DOI: 10.33942/sit.nes033.
4. Монастырев П.В., Езерский В.А., Иванов И.А., Бальтозар Азауи Дубла Анализ технологий 3d -печати стен малоэтажных зданий и их классификация // Современные проблемы в строительстве: постановка задач и пути их решения. - 2019. - С. 70-80.
5. Алексанин А.В., Макаревич А.И. Использование аддитивных технологий при возведении зданий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2017. - N 6. - С. 66-69.
6. Крушельницкая Е.А., Огнев Н.В., Чжан Цзяньдун Се Ди. Материалы для строительных 3d-принтеров и варианты конструктивного решения зданий // Международный студенческий строительный форум. Белгород. - 2018. - С. 255-259.
7. CyBe construction announces that 3D printing is complete for Dubai's R&Drone Laboratory. URL: <https://3dprint.com/176561/cybe-3d-printed-dubai-laboratory/>
8. Watson N. D., et al. Large-scale additive manufacturing of concrete using a 6-axis robotic arm for autonomous habitat construction // Solid Freeform Fabrication: Proceedings of the 30th Annual International. - 2019. - С. 1583-1595.
9. Сулейманова Л. А., Огнев Н.В. Оценка возведения стен здания с помощью 3d-принтера в сравнении с традиционным строительством из бетонных блоков // Университетская наука. - 2017. - N 2 (4). - С. 13-15.
10. Khoshnevis B., et al. Mega-scale fabrication by contour crafting // Int. J. Ind. Syst. Eng. - 2006. - No 1. P. 301-320. <http://dx.doi.org/10.1504/IJISE.2006.009791>.
11. Смета по реализации жилого дома «подключ». Apis Cor. We print buildings. - URL: http://apiscor.com/files/ApisCor_estimate_Stupino_ru.pdf.
12. Karpova E., Skripiunas G., Sedova A., Tsimbalyuk Y. Additive manufacturing of concrete wall structures // E3S Web of Conferences. - 2021. - №281. 03007. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128103007>.

13. Белов А.О., Боев С.Ю. Технология возведения малоэтажных зданий с помощью 3d-принтера // VII Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых с международным участием «Россия молодая». Кемерово. - 2015.
14. Mechtcherine V., et al. 3D-printed steel reinforcement for digital concrete construction - Manufacture, mechanical properties and bond behaviour // Construction and Building Materials. - 2018. - No 179. С. 125-137. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.202>.
15. Патент № 2798762. Печатающая головка строительного 3D принтера. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2798762C1/ru>.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ БЕТОНЕ

С.В. Самченко¹, П.Д. Тоболев²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹samchenko@list.ru

²toboleff@yandex.ru

Аннотация

В статье рассмотрена возможность применения сульфоалюмоферритного клинкера для замещения части портландцемента с целью получения композиционного вяжущего с повышенными эксплуатационными свойствами, пригодного для использования в гидротехническом бетоне. Приведены основные свойства гидротехнического бетона. Описаны факторы, способствующие его разрушению. Исследованы прочностные показатели цементного камня в возрасте 2, 7, 14, 21 и 28 суток на основе портландцемента с добавкой сульфоалюмоферритного клинкера, вводимого в количестве 5, 7 и 10%. Установлено, что при использовании сульфоалюмоферритного клинкера увеличивается прочность цементного камня по сравнению с обычным портландцементом. Определено оптимальное содержание сульфоалюмоферритного клинкера в качестве добавки для вяжущего в гидротехническом бетоне, которое составляет 7% от массы портландцемента.

ВВЕДЕНИЕ

Основным материалом для возведения гидротехнических сооружений является бетон. Это обусловлено его высокой надежностью, так как он способен выдерживать сильные статические и динамические нагрузки, обеспечивая стойкость сооружения. Основной проблемой гидротехнического бетона является повышение его качества, а именно увеличение срока эксплуатации, при одновременном снижении его стоимости и экономии цемента [1]. Правильный выбор вяжущего и заполнителей, грамотно подобранный расчет состава бетонной смеси, а также применение совершенных методов ее приготовления, транспортирования, укладки и обработки обеспечивает получение экономичного и долговечного бетона, обладающего заданной механической прочностью.

Гидротехнические сооружения подвергаются механическому воздействию воды, которая создает основную нагрузку на гидросооружение (гидростатическое и гидродинамическое давление), и физико-химическому действию воды и растворенных в ней солей или газов. Гидродинамическое давление, возникающее в результате воздействия движущихся масс воды на сооружение, сильно усложняет условия службы бетона в конструкции. С другой стороны, физико-химическое воздействие воды или действие водного потока, несущего твердые частицы, значительно быстрее разрушает бетон, по сравнению с ее статическим воздействием. Разрушение от физико-химического воздействия выражается в истирании бетона наносами, выщелачивании бетона, разрушении морозом, под действием кавитации, а также в различных видах коррозии бетона или арматуры. Поэтому сложный комплекс воздействующих на гидротехнический бетон факторов требует повышенного внимания к подбору компонентов бетонной смеси и изучения их свойств [2].

Гидротехнический бетон должен обладать высокой плотностью, обеспечивающей требуемую водонепроницаемость, водостойкость и морозостойкость, а в отдельных случаях хорошо противостоять сульфатной коррозии [3]. Для гидротехнического бетона используют специальные виды портландцементов: сульфатостойкие, пуццолановые, шлакопортландцементы, а также портландцементы с пониженным тепловыделением при твердении. Но и они имеют свои недостатки, которые требуется учитывать при их применении. Так, например, активные минеральные добавки, повышают

сульфатостойкость цементов, но при этом существенно ухудшают ряд других свойств, таких как морозостойкость и воздухоустойчивость, которые определяют срок эксплуатации бетона [4]. Поэтому сульфатостойкие пуццолановые портландцементы используются для бетона подводных или подземных частей гидротехнических сооружений, подверженных действию вод, содержащих сульфаты. Еще одним недостатком бетонов на пуццолановом и сульфатостойком пуццолановом портландцементе является их повышенная хрупкость и меньшая деформативная способность, которые отрицательно сказываются на монолитности гидротехнических сооружений, а, следовательно, и их долговечности.

Современные тенденции развития строительных материалов направлены на ресурсосбережение путем применения различных техногенных отходов, а также сокращения использования дорогостоящих компонентов за счет внедрения оптимальных составов, имеющих такие же свойства и являющихся более экономически выгодными. Так, например, в цементной промышленности актуальны разработки специальных портландцементов, которые имеют улучшенные характеристики по сравнению с обычными портландцементом. Известно, что при гидратации цементов на основе различных видов сульфатированного клинкера - сульфалоумоферритного (САФК), сульфоферритного (СФК) и сульфалоуминатного клинкера (САК), формируется плотная и прочная структура цементного камня, которая обеспечивает высокую трещиностойкость, водонепроницаемость и коррозионную стойкость [5-8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данном исследовании для оценки влияния сульфалоумоферритного (САФК) клинкера на портландцемент (ПЦ) применялись следующие материалы: портландцемент ЦЕМ 0 42,5Н производства ЗАО «Осколцемент», химический состав которого представлен в таблице 1, сульфалоумоферритный клинкер, разработанный на заводе АО «Подольск-Цемент», минералогический состав которого представлен в таблице 2.

Табл. 1. Химический состав портландцемента

Наименование	Содержание оксидов, %					
	п.п.п.	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	MgO
ПЦ	1,25	61,77	13,56	6,66	14,89	0,98

Табл. 2. Минералогический состав САФК

Наименование	Содержание оксидов, %					
	п.п.п.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
САФК	0,09	12,84	2,56	23,05	49,94	1,80

Для исследования прочностных свойств были изготовлены образцы-кубы размером 20×20 мм на тесте нормальной густоты, которая составила 25%. В качестве контрольного образца использовался цементный камень без добавления САФК, а для оценки влияния добавки использовали 3 разных соотношения САФК – 5%, 7% и 10% от массы цемента. Перемешивание компонентов осуществлялось в автоматическом растворосмесителе, время перемешивания составило 3 минуты. Отформованные образцы хранились в камере нормального твердения в течение суток, а далее помещались в воду до достижения 28 суток при температуре 20±2°С. Определение прочностных показателей проводилось в возрасте 2, 7, 14, 21 и 28 суток.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследовалась кинетика набора прочности составов, содержащих 5, 7 и 10%САФК. Результаты прочностных показателей приведены в таблице 3. Установлено, что прочность в возрасте 28 суток портландцементного вяжущего составила 64,29 МПа. Введение добавки САФК увеличивает прочность образцов. При введении 5% прочность составила 70,36 МПа,

при 7% - 75,36 МПа, а при 10% - 73,27 МПа. Оптимальное количество добавки САФК составляет 7%, так как при увеличении количества добавки до 10% прочность снижается, а при добавлении 5% значение прочности так же меньше, чем при введении 7%.

Также установлено, что введение САФК способствует повышению прочности в начальные сроки твердения на 35%.

Табл. 3. Прочностные показатели композиционного вяжущего

Составы	Содержание компонентов, масс %		Прочность при сжатии в 28 сут., МПа
	ПЦ	САФК	
1	100	0	64,29
2	95	5	70,36
3	93	7	75,36
4	90	10	73,27

Результаты определения прочностных показателей в возрасте 2, 7, 14, 21 и 28 суток. Графики набора прочности образцов представлены на рисунке 1.

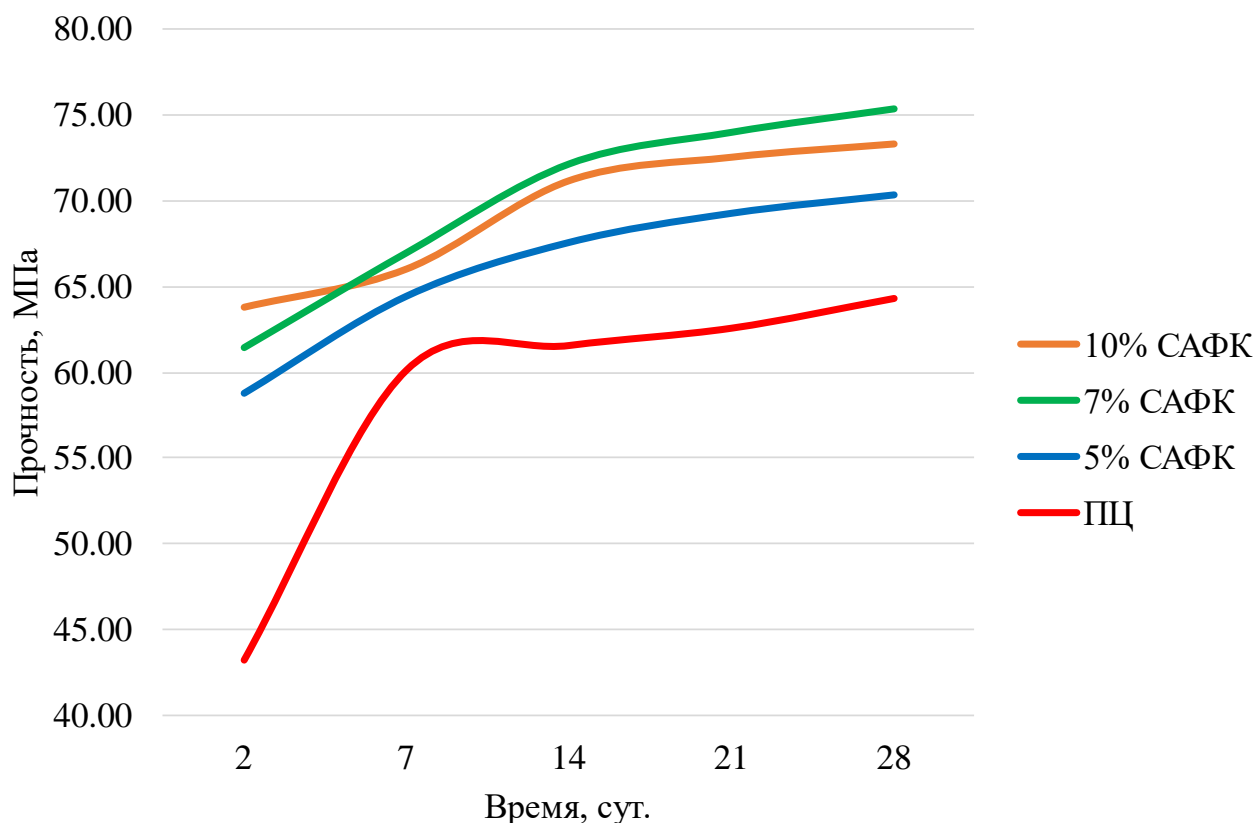


Рис. 1. Кинетика набора прочности образцов

ВЫВОДЫ

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что введение сульфалоумоферритного клинкера в состав портландцемента способствует повышению прочности цементного камня, а его оптимальное содержание составляет 7% от массы портландцемента. Поэтому применение САФК в качестве добавки в гидротехническом бетоне является актуальным.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Стольников В.В.* Исследования по гидротехническому бетону. // М.: Госэнергоиздат. 1962.
2. *Москвин В. М.* Долговечность бетона и теория коррозии // Гидротехническое строительство. 1985. №8.
3. *Бутт Ю.М., Тимашев В.В.* Практикум по химической технологии вяжущих материалов. // М.: Высшая школа. 1973.
4. *Кузнецова Т.В.* Алюминатные и сульфоалюминатные цементы. // М.: Стройиздат. 1986.
5. *Кривобородов Ю.Р., Кузнецова Т.В.* Специальные цементы: уч. пособие. // М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2011.
6. *Самченко С.В.* Сульфатированные алюмоферриты кальция и цементы на их основе. // М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2004.
7. *Кривобородов Ю.Р., Самченко С.В.* Физико-химические свойства сульфатированных клинкеров. // М.: ВНИИЭСМ. 1991.
8. *Самченко С.В., Бурлов И.Ю., Суворова А.А.* Сульфатостойкие цементы на основе сульфатированных клинкеров // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород. 2005. №10. С. 348-351.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА МАТЕРИАЛОВ, ОСНОВАННОГО НА ОДНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ

О.А. Васильева¹, О.В. Греков², Н.М. Романов³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹VasilievaOA@mgsu.ru

²Grekov05@inbox.ru

³Romanovnekisos@gmail.com

Аннотация

Рассматривается процесс производства строительных материалов, основанный на проведении химической реакции трех компонент. Для математического описания химической реакции применяется недавно сформулированная математическая модель, представляющая собой систему трех нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка. Модель динамики химической реакции является обобщением кинетической системы уравнений Годунова-Султангазина, используемой ранее для описания изучаемой химической реакции. На основе численного исследования начально-краевой задачи для указанной системы второго порядка проведено исследование времени проведения химической реакции в зависимости от параметра смеси трех компонент химической реакции в ее начальный момент.

ВВЕДЕНИЕ

В работе рассматривается процесс производства строительных материалов, основанный на проведении химической реакции трех компонент. Для математического описания химической реакции применяется недавно сформулированная математическая модель, представляющая собой систему трех нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка. Модель динамики химической реакции является обобщением кинетической системы уравнений Годунова-Султангазина [1], используемой ранее для описания изучаемой химической реакции [1-6]. На основе численного исследования начально-краевой задачи для указанной системы второго порядка [7] проведено исследование времени проведения химической реакции в зависимости от начального распределения смеси компонент химической реакции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Приведем формулировку математической модели химической реакции

$$u_t + cu_x = \varepsilon^{-1}(v^2 - uw) + \alpha(u_{xx} - 2v_{xx} + w_{xx}),$$

$$v_t = -2\varepsilon^{-1}(v^2 - uw) - 2\alpha(u_{xx} - 2v_{xx} + w_{xx})$$

$$w_t - cw_x = \varepsilon^{-1}(v^2 - uw) + \alpha(u_{xx} - 2v_{xx} + w_{xx}),$$

$$t > 0, 0 < x < 1$$

начальные и граничные условия

$$u(0, x) = u_0(x),$$

$$v(0, x) = v_0(x),$$

$$w(0, x) = w_0(x),$$

$$u(t, 0) = u(t, 1) = u^0,$$

$$v(t, 0) = v(t, 1) = v^0,$$

$$w(t, 0) = w(t, 1) = w^0,$$

$u(t, x)$ и $v(t, x)$ и $w(t, x)$ - плотности реагентов в точке x в момент времени t , $(v^0)^2 = u^0 w^0 c$, ε α – константы, зависящие от условий проведения конкретного процесса, начальные и граничные условия согласованы и для плотностей компонент в начальный момент выполняются условия

$$\int_0^1 u_0(x) dx = u^0,$$

$$\int_0^1 v_0(x) dx = v^0,$$

$$\int_0^1 w_0(x) dx = w^0.$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Численное исследование модели проводилась для следующих начальных условий

$$u(0, x) = 0.5 + A \sin 2\pi x,$$

$$v(0, x) = 1,$$

$$w(0, x) = 2 + A \sin 2\pi x,$$

где $A=0.05, 0.1, 0.15, 0.2$

На рис.1 приведены кривые зависимостей от времени отклонений решений задач для следующих значений A : 0.05, 0.1, 0.15, 0.2 (кривые E1, E2, E3, E4 соответственно). Можно выделить три этапа: первый быстрое уменьшение общего отклонения решения, второй более медленное уменьшение и третий медленное уменьшение, когда реакцию можно считать завершенной. Время достижения определенного значения отклонениями растет с увеличением амплитуды A . Однако достижение относительной точности, например 5 % от первоначального отклонения, практически не зависит от A . Стремление к нулю с ростом t имеет монотонный характер.

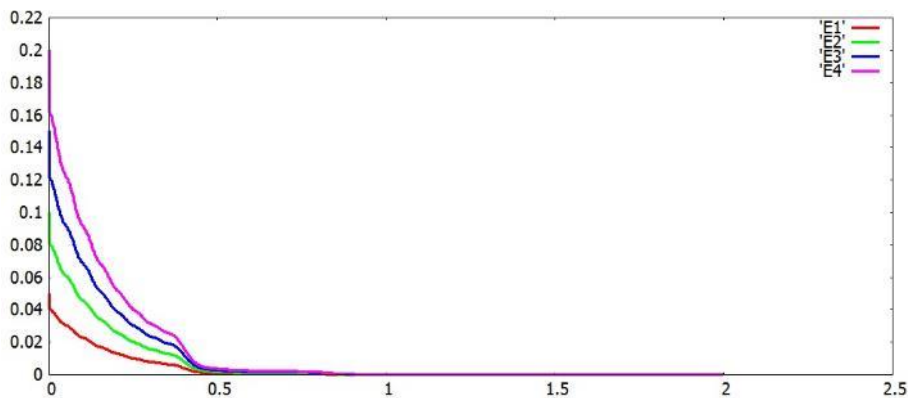


Рис. 1. Общие отклонения решений от положений равновесия для различных A

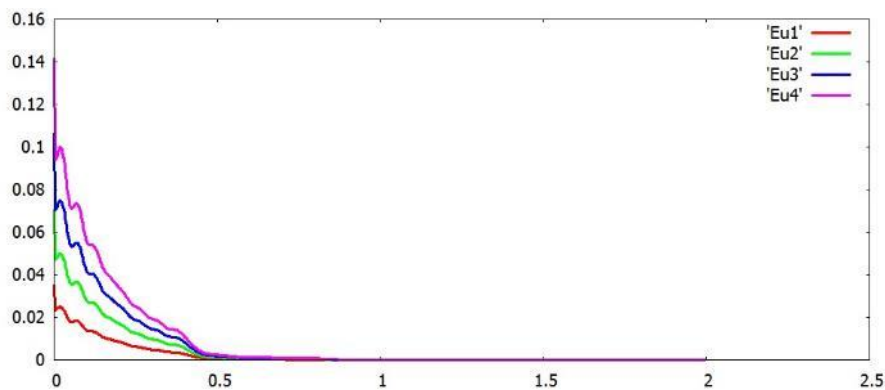


Рис. 2. Отклонения первых компонент решений от положений равновесия для различных A

На рис.2 приведены кривые зависимостей от времени отклонений первых компонент решений задач для следующих значений A : 0.05, 0.1, 0.15 0.2 (кривые Eu1, Eu2, Eu3, Eu4 соответственно). Стремление к нулю с ростом t имеет немонотонный характер

ВЫВОДЫ

Полученные численные результаты позволяют сделать вывод о влиянии амплитуды отклонения плотностей распределения реагентов в начальный момент реакции на время ее проведения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность профессору Е.В. Радкевичу за постановку задачи, полезные обсуждения и комментарии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Годунов С.К., Султангазин У.М. О дискретных моделях кинетического уравнения Больцмана // Успехи МН. 1974. Т. XXVI. №. 3(159). С. 3-51.
2. Радкевич Е.В. О дискретных кинетических уравнениях // Доклады Академии наук. 2012. Т. 447. № 4. С. 369.
3. Ильин О.В. Изучение существования решений и устойчивости кинетической системы Карлемана // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2007. Т. 47. №12. С. 2076 - 2087.
4. Aristov V., Ilyin O. Kinetic model of the spatio-temporal turbulence // Phys. Let. A, 2010. Vol. 374. Pp. 4381 - 4384.
5. Васильева О.А., Духновский С.А., Радкевич Е.В. О природе локального равновесия уравнений Карлемана и Годунова-Султангазина// Современная математика. Фундаментальные направления. 2016, т. 60. С. 23-81
6. Васильева О.А. Численное исследование системы уравнений Годунова-Султангазина. Периодический случай // Вестник МГСУ. 2016. № 4. С. 27-35.
7. Vasil'eva O. A. Verification of the building materials production process mathematical model.// IOP ConfSer. Material Science and Engineering.7 Ser. "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education", IPICSE 2020", 2021, 0120009.
8. Васильева О.А. Программный модуль CORFUN 1.2-2 // Труды XV111 межд. конф. Математика. Компьютер. Образование, вып. 18, 2011, с. 193

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАМЕРЗАНИЯ ЖИДКОЙ ФАЗЫ ЦЕМЕНТНОГО ТЕСТА НОРМАЛЬНОЙ ГУСТОТЫ

С.В. Самченко¹, Д.С. Былинкин²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹samchenko@list.ru

²bylinkin.d.s@yandex.ru

Аннотация

При возведении монолитных конструкций в период зимнего бетонирования, в условиях отрицательных температур, необходимо поддерживать положительную температуру бетонной смеси. Все это достигается путем введения противоморозных добавок на основе ускорителей твердения. В статье приведены данные исследования влияния противоморозных добавок на температуру замерзания жидкой фазы цементного теста нормальной густоты. Установлено, что с добавлением нитрита натрия и формиата натрия была выявлена закономерность того, что при увеличении количества противоморозной добавки снижается время перехода к отрицательным температурам. Наибольшую эффективность является применение формиата натрия в количестве 4% от массы цемента, что позволит обеспечить наилучшую сохраняемость бетонной смеси в течение 260 минут. Полученные данные позволяют в дальнейшем поддерживать сохранение положительной температуры бетонной смеси в период строительно-монтажных работ в условиях зимнего бетонирования.

ВВЕДЕНИЕ

Возведение монолитных конструкций в условиях отрицательных температур представляет собой сложный технологический процесс в связи с тем, что при замерзании бетона может нарушиться монолитность его структуры, так как структурные нарушения являются необратимыми. Наиболее ответственным этапом при этом является выдерживание бетона до набора распалубочной прочности. При возведении зданий и сооружений в холодное время года, а также в условиях сухого жаркого климата термообработка бетона становится неотъемлемой частью технологии производства бетонных работ.

Основной причиной отрицательного действия отрицательных температур на бетон является изменение его свойств при переходе воды в лед. При этом установлено, что понижение температуры ниже нуля в бетоне не сразу способствует ее переходу в лед.

Отмечается [1], что при бетонировании при низких положительных температурах рекомендуется применение тонкокомолотых цементов, которые можно отнести к быстротвердеющим высокомарочным. Отмечается, что твердение бетона при температуре 5 °С при использовании цемента марки М400 позволяет получать бетоны с прочностью на сжатие в процентах от марочной прочности в возрасте 3, 7, 14 и 28 суток находится в пределах 20, 45, 65 и 85 % соответственно. При твердении бетона при температуре 0 °С прочность бетона на сжатие еще больше снижается и находится в пределах 15, 35, 50 и 65 % от марочной прочности в возрасте 3, 7, 14 и 28 суток соответственно.

Отмечается, что при понижении температуры замедляет процесс гидратации в ранние сроки твердения. Степень гидратации в присутствии добавки нитрата натрия степень гидратации трехкальциевого силиката понижается при 0 °С при содержании добавки в количестве 2 и 10% составляет 44 и 43% соответственно. При твердении цемента при 20 °С при содержании добавки в количестве 2 и 10% составляет 64 и 67% соответственно.

Отмечается влияние добавки на сроки схватывания цемента. По данным [2], начало схватывания цемента, содержащего 56 процентов C_3S , наступает при температуре 20 °С при содержании добавки в количестве 7 и 10% через 155 и 165 мин соответственно, конец схватывания наступает через 390 и 440 мин соответственно.

Обоснование важности исследования температуры замерзания жидкой фазы цементного теста состоит в том, что это имеет существенное влияние на формирование структуры бетона при низких температурах [3]. На практике, во многих регионах страны ведется массовое монолитное строительство при отрицательных температурах и необходимо поддерживать темпы бетонирования. Это обеспечивается путем введения комплексных добавок, содержащих в своем составе противоморозные и пластифицирующие компоненты. Их выбор будет обоснован эффективностью действия добавки при пониженных температурах, а также ингибирующим воздействием на арматуру, так как в большинстве случаев конструкции из монолитного бетона густоармированы [4]. Для того чтобы предотвратить коррозию арматуры необходимо применить добавки с ингибирующим действием. В основном добавки представляют из себя нитрит натрия и формиат натрия, не имеющие хлорсодержащих ионов.

Необходимость применения противоморозных добавок обусловлена тем, что при отрицательных температурах бетонная смесь подвергается замерзанию, нарушая структуру что приводит к разрушению и образованию трещин [5]. Это особенно актуально для строительства и развития инфраструктуры в холодных климатических условиях, где важно разработать материалы, способные выдерживать низкие температуры без потери своих свойств [6, 7].

Изучение температуры замерзания жидкой фазы цементного теста позволит установить, какие добавки и их содержание в составе бетона влияют на эффективность действия при отрицательных температурах, а также могут помочь поддержать температуру при укладке в опалубке и обеспечить дальнейшее твердение.

Целью данной работы является изучение влияния введения нитрита натрия и формиата натрия на температуру замерзания цементного теста. Результаты исследования могут быть применены для разработки составов бетона с улучшенными характеристиками для службы в отрицательных температурах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данном исследовании применялись следующие материалы:

- портландцемент ЦЕМ I 52,5Н «Хайдельбергцемент», в соответствии с ГОСТ 31108-2020 с удельной поверхностью 377,3 м²/кг, минералогическим и химическим составом, представленными таблице 1 и 2, нормальной густотой 30,2%; сроками схватывания: началом схватывания 195 мин, конец 235 мин; прочностью на сжатие в возрасте 2 сут - 29,9 МПа, в возрасте 28 сут - 62,6 МПа.

Табл. 1. Минералогический состав портландцемента ЦЕМ I 52,5Н «Хайдельбергцемент Рус»

Минералогический состав, %			
C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
64	14	7	11

Табл. 2. Химический состав портландцемента ЦЕМ I 52,5Н «Хайдельбергцемент Рус»

Химический состав, %											
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	ппп
21,23	4,78	3,31	62,95	1,65	3,22	0,66	0,12	0,08	0,28	0,06	1,60

В качестве противоморозной добавки использовался ускоритель твердения

- формиат натрия в соответствии с ТУ 2432-011-00203803-2014 «Формиат натрия технический. Технические условия» с истинной плотностью 1,92 г/см³, при температуре 20°С.
- нитрит натрия в соответствии с ГОСТ 19906-74 «Нитрит натрия технический» с истинной плотностью 2,17 г/см³.

Для регистрации температуры применялся прибор «ТРМ138» измеритель-регулятор, калориметр лабораторный.

Для обеспечения внешних температурных условий, использовалась климатическая камера тепла, холода, влажности WK3 180/40

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данном исследовании было проведено измерение температуры замерзания жидкой фазы цементного теста нормальной густоты с противоморозной добавкой формиата натрия и нитрита натрия, позволяющей определить температуру замерзания цементного теста.

Эксперимент проводился при различном содержании формиата натрия и нитрита натрия от массы цемента. Количество вводимых добавок составило для формиата натрия - 4, 6, 8%, а нитрита натрия 8, 9, 10% от массы цемента.

Добавка предварительно растворялась в воде затворения при комнатной температуре и добавлялась к цементу. Процедура приготовления цементного теста осуществлялось в соответствии с ГОСТ 30744-2001 «Цементы методы испытаний с использованием полифракционного песка». Время перемешивания составляло 3 мин.

Полученную смесь укладывали в калориметр, который далее помещался в климатическую камеру. Твердение цементного теста проводилось при температуре -15 °С.

Регистрации температуры смеси производилась каждые 5 минут.

Результаты исследования температуры замерзания жидкой фазы цементного теста нормальной густоты представлены на рис 1.

Исследование начального твердения в присутствии добавок показало, что максимальную температуру на начальном этапе твердения обеспечивает формиат натрия, вводимый в количестве 6% от массы цемента. При этом смесь имела температуру 34,72°С в течении 15 минут с момента затворения. Ускорители твердения, такие как, нитрит натрия и формиат натрия, при содержании в смеси Формиат натрия в количестве 4% 8% - составила - 32,30 и 33,44°С соответственно. При введении нитрита натрия в количестве 8,9,10% температура смеси находилась в пределах – 32, 51, 32,07 и 31,78°С соответственно.

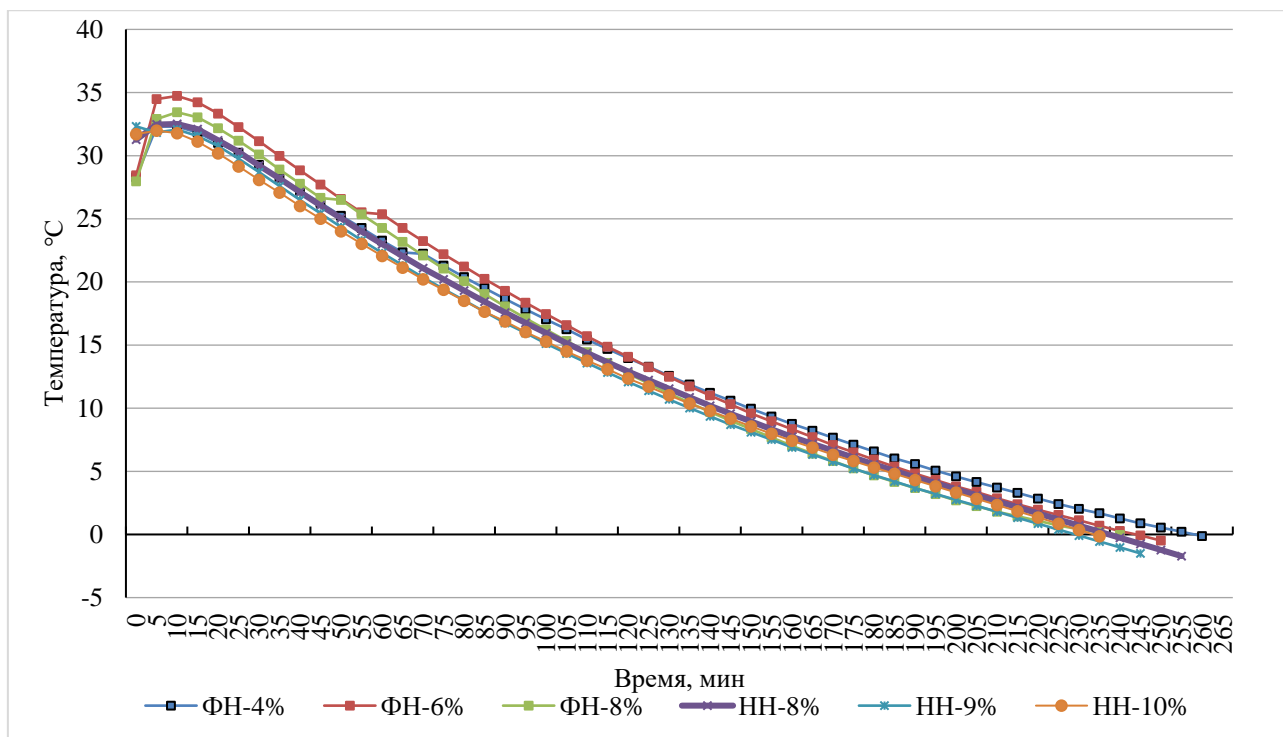


Рис. 1 – Исследование температуры замерзания жидкой фазы цементного теста нормальной густоты.

При анализе данных перехода замерзания жидкой фазы цементного теста к отрицательным температурам, было установлено, что наибольшей продолжительностью поддержания положительной температуры обладало цементное тесто с наименьшим содержанием противоморозных добавок. В случае использования формиата натрия с его содержанием в цементном тесте в количестве 4% продолжительность составила 260 минут, а при введении нитрита натрия в количестве 8% продолжительность составила 240 минут.

В результате проведения исследований цементного теста с добавлением нитрита натрия и формиата натрия, была выявлена следующая закономерность того, что при увеличении количества противоморозной добавки снижается время перехода к отрицательным температурам.

ВЫВОДЫ

1. При бетонировании в условиях отрицательных температур необходимо применение противоморозных добавок для поддержания положительной температуры бетонной смеси. Замораживание бетонной смеси оказывает негативное воздействие на конечную прочность бетона за счет изменения структуры.

2. Применение противоморозных добавок, выступающих ингибиторами коррозии в монолитном строительстве целесообразно, так как это будет способствовать повышению долговечности конструкции.

3. Наиболее эффективно применение формиата натрия, так как содержание этой добавки в количестве 4% от массы цемента, позволит обеспечить наилучшую сохраняемость бетонной смеси.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самченко С.В., Ларсен О.А., Былинкин Д.С. Комплексные противоморозные добавки для монолитного строительства в условиях крайнего севера // Техника и технология силикатов. 2022. Т.29. №29. №2. С.145.
2. Самченко С.В., Былинкин Д.С. Исследование свойств цементных систем в присутствии противоморозных добавок // Строительство - формирование среды жизнедеятельности Ташкент, 26-28 апреля 2023 С. 72-76.
3. Добавки в бетон: справочное пособие / под. ред. В. С. Рамачандрана - М.: Стройиздат, 1988. – 575с.
4. Ратинов, В. Б. Добавки в бетон / В. Б. Ратинов, Т. И. Розенберг. - М.: Стройиздат, 1989. - 188 с.
5. Модификаторы цементных бетонов и растворов (Технические характеристики и механизм действия).

- Учебное пособие. / Л. Я. Крамар, Б. Я. Трофимов, Е. А. Гамалий и др. - Челябинск, 2012. - 211 с.
6. Кононова О. В. Исследование кинетики твердения бетонов и растворов с противоморозными добавками после воздействия отрицательных температур / О. В. Кононова // Фундаментальные исследования серия «Технические науки». - 2014. - вып. 8.-С. 1309-1312.
 7. Руководство по применению химических добавок в бетоне. М.: Стройиздат, 1985. 64с.

Секция 3. Градостроительство. Архитектура

АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ РЕСУРСНЫХ ЗОН В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

О.Н. Чеберева¹, Е.Ю. Стрельникова²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (ННГАСУ)», Россия, г. Н. Нижний, ул. Ильинская, д. 65,

¹chebereva@mail.ru

²lena.str.2011@yandex.ru

Аннотация

Организация ресурсной зоны, как объемно-пространственного компонента среды общеобразовательной школы, в нашей стране является новой и актуальной задачей. Она вытекает из социальных факторов, педагогических наработок, полного отсутствия пространства со схожими задачами на современном этапе в проектируемых или существующих зданиях школ. Ресурсная зона помогает плавно и качественно вести процесс инклюзивного образования детей с ментальными нарушениями. Это было доказано теоретически – специалистами дефектологами, педагогами, а также практически – при проектировании и функционировании типологически близких зданий в зарубежных странах. Следует учитывать, что инклюзивные модели обучения в России имеют историю не более 20 лет и реализуются до наших дней в школах только за счет реорганизации классов нормотипичных детей; нормативно-рекомендательная литература архитектурно-планировочного профиля практически полностью отсутствует. На этом фоне имеется большой запрос от родительского сообщества на появление и ускорение реализации инклюзивных практик. Поэтому изучение данной темы целесообразно, предложения и исследования в области проектирования ресурсных зон помогут верно формировать качественную образовательную среду для всех групп пользователей школой.

ВВЕДЕНИЕ

По разным причинам в России и в мире в целом фиксируется стабильное увеличение количества детей с ограниченными возможностями здоровья (далее, ОВЗ). Большинство могут и имеют право обучаться в общеобразовательной школе (инклюзивное образование¹). В данной статье идет речь о детях, имеющих средние и тяжелые степени заболеваний. Для организации обучения этой категории детей требуется дополнительное пространство – ресурсная зона. В ней организуются индивидуальные и групповые занятия для детей с ОВЗ, предоставляется место для отдыха и восстановления психологического состояния [1].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа над статьёй велась аналитическим методом на основе зарубежных рекомендаций по проектированию помещений аналогичного назначения, опубликованные на правах рукописей и в периодической печати иностранные и отечественные научно-исследовательские работы. Систематизация и анализ полученной информации выявила основные, значимые элементы инклюзивного ресурса архитектурной составляющей образовательной среды. На основе изученного и с учетом действующих нормативных документов создана модель группы помещений т.н. ресурсного класса. Синтез теоретической работы и практического моделирования позволил сформулировать вывод по результатам исследования.

¹ Инклюзивное образование – это право на обеспечение равного доступа к образованию для всех обучающихся с учетом разнообразия особых образовательных потребностей [2]

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Вопросы архитектурно-планировочной организации образовательных пространств, в том числе зданий школ, и отдельных норм проектирования в настоящий момент рассматриваются исключительно в ракурсе безбарьерной среды, т.е. вопросов доступности образовательных учреждений для людей с проблемами опорно-двигательного аппарата, зрения и слуха. При этом большая часть детей с ментальными нарушениями² (далее МН), даже незначительными, до сих пор лишена возможности обучения в общеобразовательных школах. МН специфичны, многогранны и являются одной из форм проявления заболеваний разных нозологий: расстройства аутистического спектра³ (далее, РАС), синдрома Дауна, задержки психического развития, умственной отсталости и др. Кроме того, к основному заболеванию ребенка могут добавляться вторичные и сопутствующие нарушения: слабовидящий ребенок может иметь задержки речи, психического развития и т.д. Статистика свидетельствует, что число детей, имеющих права и возможности обучаться в общеобразовательной школе, огромно, есть соответствующая категория педагогов, готовых передавать свой опыт, но именно здания общеобразовательных школ не отвечают требованиям к организации и проведению занятий для всех групп учащихся (нормотипичных, с ОВЗ, МН). В зарубежных странах практики инклюзивного обучения начали реализовываться значительно раньше, чем в РФ, и накопленный опыт позволил научно обосновать и показать их психосоциальную пользу и эффективность для всех вовлеченных групп людей (учащиеся, родители, учителя и др.) [5, стр. 9].

Для осуществления инклюзивного обучения детей с РАС и иными нарушениями ментальной и когнитивной сферы (далее по тексту только РАС, подразумевая все упомянутые категории детей) требуется в первую очередь создать условия для их обучения, не нарушающие сложившийся образовательный процесс у остальных групп пользователей (нормотипичные учащиеся, их родители, учителя, администрация и другие). Опыт иностранных коллег свидетельствует, что таковыми условиями должна стать специализированная архитектурная среда, основанная на особой типологии помещений и подразделений общеобразовательной школе. При этом следует отметить, что это не абсолютно изолированные части здания, но планировочные элементы и группы помещений, позволяющие реализовывать инклюзивный процесс постепенно, планомерно, гибко и гуманно. Инклюзивная составляющая заключается в педагогически верных методах и программах, но архитектурно-планировочные решения, т.е. архитектурный ресурс инклюзивного учебного пространства, в данной ситуации значительно облегчают реализацию образовательных маршрутов [1]. Дети с нарушениями физического развития, слуха, зрения при сохранном интеллекте могут обучаться полноценно с остальным классом. Данную стратегию невозможно реализовать для детей с РАС, в силу эмоциональных и поведенческих особенностей этой категории учащихся.

Во многих зарубежных странах опубликованы рекомендации по проектированию классов, кабинетов, групп помещений, которые обеспечат качественный и продуктивный процесс совместного (инклюзивного) обучения в общеобразовательной школе детей с РАС и иными заболеваниями ментального, психологического направления [6]. В этих изданиях акцентируется внимание не на детей с физическими ограничениями (использующие для передвижения костыли, палки, ходунки, кресла-коляски и т.д.) или проблемами слуха/зрения, а на тех, у кого присутствуют в той или иной степени нарушения в поведении, задержке психического развития, в особенностях сенсорного восприятия окружающего пространства, в коммуникативной сфере. Существуют следующие приемы формирования архитектурно-планировочного ресурса инклюзивной образовательной среды:

- решения по минимальному включению (с одним-двумя кабинетами) (рис. 1а);

² Ментальные нарушения – это тяжелые нарушения психического развития, при которых, прежде всего, страдает способность к социальному взаимодействию и поведению [3, стр. 3]

³ Расстройства аутистического спектра (РАС) — термин, используемый для описания группы расстройств развития центральной нервной системы [4, стр. 7]

- решения с расширенным звеном-блоком системы классов, обучающих пространств и дополнительных кабинетов (рис.1б);
- отдельные специализированные или встроенно-пристроенные объемные блоки (рис.1в) в составе расчлененной композиционной структуры школьного здания.

И в зарубежных источниках, и в российской практике основным компонентом реализации инклюзивного образования в школе является отдельный класс для обучения детей с РАС. В иностранных источниках он носит название «основной», в наших – «ресурсный» класс [1, 7].

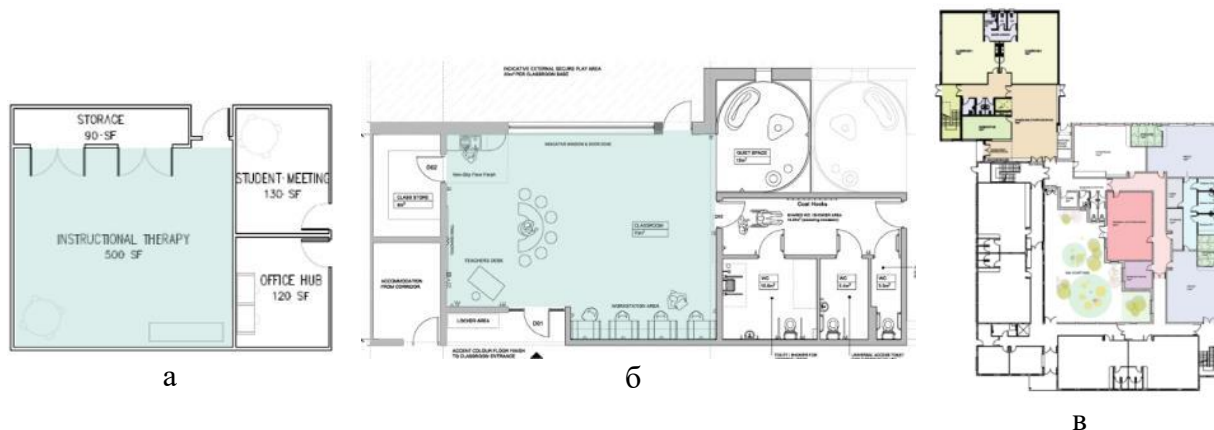


Рис. 1. а. класс для начальной/средней школы [8, стр. 154]; группа помещений [9, стр. 39]; отдельный блок при школе [9, стр. 61].

В 2019 г. в Хорватии в г. Осиеке был открыт региональный центр аутизма. В трехэтажном здании были организованы как классные помещения, так и терапевтические, спортзал, гидрореабилитационный бассейн, музыкальный и художественный классы, мягкая комната, многофункциональный зал столовой, сенсорные комнаты, административные и вспомогательные помещения [11]. Классы расположены на 1 и 2 этажах, имеют площадь около 23 м., с разделением каждого на зоны индивидуальной, групповой работы, вспомогательные.

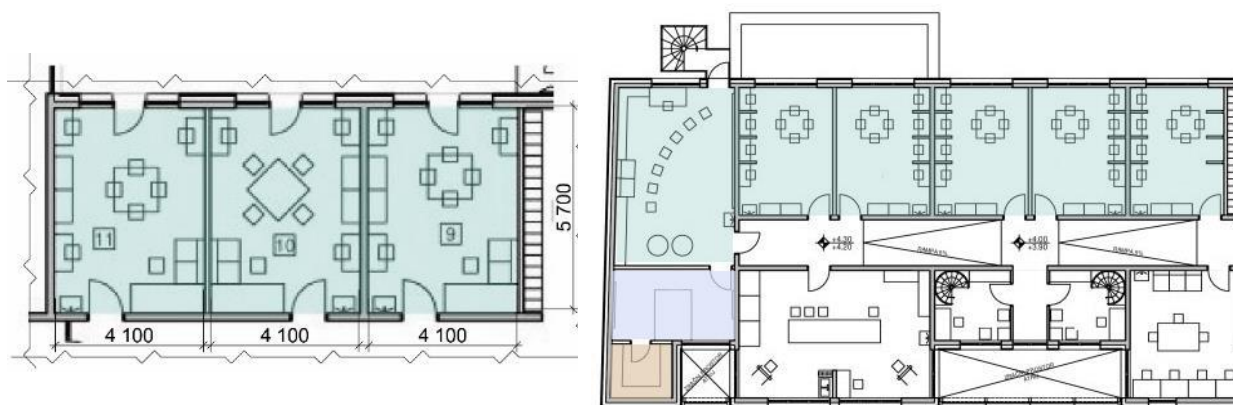


Рис. 2. Классы на 1 и 2 этажах. Хорватия. Голубым цветом обозначена сенсорная комната, бежевым – кладовая. Чертеж из источника [11] в авторской графо-аналитической обработке

В School Design Guidelines (Руководство по проектированию школ) предлагается организовывать разного размера группы помещений в соответствии с уровнем школьного звена (начальная, средняя, старшая школа) или универсального, для детей с тяжелыми формами нарушений. Для начальной и средней школы рекомендуется площадь кабинета (classroom) в 46,4-78 м² (рис. 1а), для старшей школы – 78 м², для интенсивной поддержки

– 2 кабинета по 156 м². Во всех вариантах предусматриваются места хранения смежные с классом (площадью 8,3-29,7 78 м²), а кабинеты интенсивной поддержки имеют смежные кухню и санузел.



Рис. 3 а. Группа помещений для комплексной поддержки с классом [8, стр. 156];

Ирландские рекомендации также описывают необходимость организации отдельного класса (classroom base) площадью 70 м² и минимальной высотой 3,15 м., рассчитанного на 6 детей с РАС (рис. 16) [9, стр. 27]. В нем должны быть предусмотрены шкафчики для хранения одежды и личных вещей учащихся, возможность непосредственного выхода на территорию, ширмы для разграничения рабочих мест учеников. В зависимости от варианта взаимосвязи помещений возможно смежное расположение тихой комнаты, санузла, кабинета индивидуальной работы, помещений хранения (рис. 3 б) [9, стр. 44].

В России инклюзивное обучение детей с РАС развивается в последние 20 лет. В 2015 г. в г. Москве был запущен образовательный проект «Инклюзивная молекула», который направлен на создание и обеспечение специальных образовательных условий для детей с РАС и другими МН. Основная его задача – организация в школах города ресурсных зон.

В связи с тем, что в российской нормативной и рекомендательной литературе архитектурно-планировочного профиля практически не рассматривается вопрос инклюзивного обучения, конкретных рекомендаций по созданию подобных пространств нет. В качестве примера можно использовать выпускную квалификационную работу социального педагога А.Д. Степаненко [1]. В ней указано, что ресурсный кабинет рассчитывается на 8 детей и должен иметь функциональное зонирование (зона групповой и индивидуальной работы, место учителя, сенсорный уголок), располагаясь смежно с сенсорной комнатой. В «Руководстве по дизайну образовательных пространств» находится информация о необходимости создания ресурсных помещений, рассчитанных на 8 учеников [10, стр. 77]. Однако, на приведенном рисунке (рис. 4а) не все элементы оправданы и релевантны: обозначены места индивидуальной работы лишь на 2 учащихся с тьюторами вместо 8; площадь зоны сенсорного уголка (зоны отдыха) превалирует над площадью учебной зоны; высокие шкафы и ширмы, зонировующие пространство, препятствуют обзору всего помещения, что для детей с РАС вызывает недоверие к обстановке, усложняет процесс социализации.

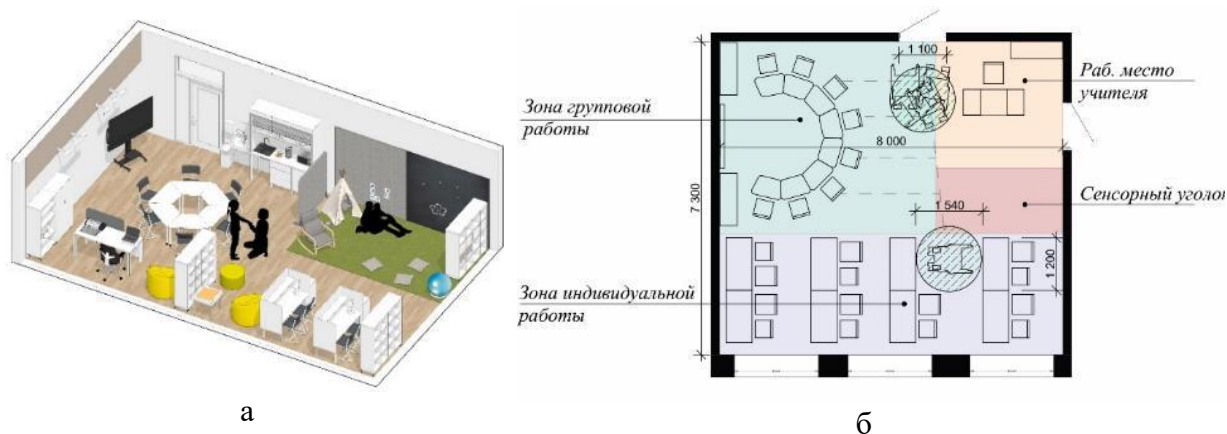


Рис. 4. а. Ресурсное помещение [10 стр. 78];
 б. План-схема ресурсной группы, выполненная автором

Проанализировав информацию из зарубежных источников, российских рекомендаций можно сделать вывод, что, учитывая необходимость зонирования пространства в связи с особенностями восприятия места детьми с РАС, в ресурсном классе требуется выделять 4 зоны (рис. 4б):

1. Места индивидуальной работы;
2. Места групповой работы;
3. Рабочее место педагога;
4. Сенсорный уголок.

Основным минимально необходимым функционально-планировочным элементом школьного здания, осуществляющего инклюзивные образовательные процессы, является помещение ресурсной зоны (далее - РЗ). Учитывая, что в ст.2 п. 27 ФЗ РФ № 273 от 29.12.2012 «Об образовании в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 05.07.2023), закреплено право на обеспечение равного доступа к образованию для всех обучающихся с учетом разнообразия особых образовательных потребностей и индивидуальных возможностей, подобные блоки помещений необходимо организовывать в каждом образовательном учреждении.

В соответствии с п. 3.4.14 Постановления главного санитарного врача РФ от 28 сентября 2020 г. N 28 "Об утверждении санитарных правил СП 2.4.3648-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи", предельная наполняемость отдельного класса (группы) для обучающихся с ОВЗ устанавливается в зависимости от нозологической группы и составляет 8 детей с РАС. Также учитываем, что при получении образования совместно с другими учащимися количество обучающихся с ОВЗ здоровья устанавливается из расчета не более 3 детей. Основываясь на этом, предлагаем организовывать одну РЗ на 4 класса одной параллели обучения:

$$4 \text{ класса} \times 2 \text{ учащихся} = 8 \text{ учащихся в ресурсном классе (1).}$$

Учитывая, что ресурсная зона состоит из мест индивидуальной и групповой работы, минимальная рекомендуемая площадь в таком случае может быть подсчитана, как:

$$S_{РЗ} = 8 \times 2,5 \text{ м}^2 + 8 \times 3,5 \text{ м}^2 + 10 \text{ м}^2 = 58 \text{ м}^2 \text{ (2),}$$

где, 2,5; 3,5 м² – площадь для одного учащегося при фронтальных и групповых формах работы соответственно;

- 8 – количество обучающихся;
- 10 м² – дополнительная площадь.

На рис. 4б приведена схема организации РЗ.

Основные маршруты движения внутри помещения отвечают ширине 1200 мм для движения инвалидного кресла, в тупиковых зонах должно быть пространство 1400 на 1400 мм для разворота инвалидного кресла.

ВЫВОДЫ

Реализация инклюзивного процесса обучения сегодня в России очень усложнена в связи с рядом факторов: социальных (не готовность учащихся и их родителей к наличию в классе/школе такого ребенка), экономических (малое финансирование проекта от государства), неподготовленность педагогов к обучению таких детей, малое количество квалифицированных кадров, отсутствие различной поддержки от региональных и федеральных властей и иные. К одним из значительных причин следует отнести отсутствие требуемых архитектурно-планировочных условий в зданиях школ.

Модернизация архитектурно-планировочных решений школ за счет введения нового элемента – ресурсного класса – позволяет осуществлять инклюзивное обучение плавно и эффективно. Грамотное расположение его в связке с сопутствующими помещениями (сенсорная комната, комната депривации, подсобные, кабинеты индивидуальных занятия) соответствует рекомендательной базе архитектурного проектирования в иностранных и российских источниках, а также функционально оправдано с педагогической, дефектологической, медицинской точек зрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Степаненко А.Д.* Проектирование предметно-пространственной среды для обучающихся с РАС в образовательной организации // Выпускная квалификационная работа. – М., 2022. – 63 с.
2. ФЗ РФ №273 от 29.12.2012 «Об образовании в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 05.07.2023)
3. Люди с ментальными расстройствами, ГБУ РК «Карельский ресурсный центр развития социальных технологий» // Петрозаводск. – 2023 г.
4. Как проявляются симптомы расстройств аутистического спектра (РАС) у детей раннего возраста. Пособие для родителей, семьи и друзей // М. Фонд «Выход». – 2019. – 36 с.
5. *Hehir T.* Доказательная база по инклюзивному образованию // Instituto Alana Rua. – 2016. – 52 с.
6. *Uherek-Bradecka B.* Classroom Design for Children with an Autism Spectrum // IOP Conference Series Materials Science and Engineering 960(2), 10 p., DOI:10.1088/1757-899X/960/2/022100
7. *Козорез А.* Проектирование предметно-пространственной среды для обучающихся..., Ресурсный класс. Опыт организации обучения и внеурочной деятельности детей с аутизмом в общеобразовательной школе. Практическое пособие // Фонд содействия решению проблем аутизма в России "Выход", АНО содействия инклюзии детей с РАС "Ресурсный класс". – М.: АНО Ресурсный класс. – 2015. – 360 с.
8. School Design Guidelines // APS Facilities Design and Construction. – February. – 2021.
9. Planning and Design Guidelines Primary and Post Primary School Special Educational Needs Accommodation // Tullamore: Planning & Building Unit Department of Education. – 2021. – 64 с.
10. Руководство по дизайну образовательных пространств // Министерство просвещения РФ. Версия 1. – 2023 г. – 164 с.,
11. <https://www.theplan.it/eng/award-2020-education/providing-maximum-spatial-for-autism-center-rechner-architects>

ГРОЗНЕНСКИЙ НИИ: МАСТЕР-ПЛАН КАК ИНСТРУМЕНТ ПЛАНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ДЕПРЕССИВНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДА. МЕТОДИКИ И ПРИНЦИПЫ РЕШЕНИЯ

С.А. Алиев¹, Е.Д. Терехова², Ш.А. Насуханов³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», 364051, Чеченская Республика, г. Грозный, пр-т им. Х.А. Исаева, д. 100,

¹asa-fenix@mail.ru

²rs.ekaterinat@mail.ru

³nsha51@mail.ru

Аннотация

Данная статья является третьей частью научного исследования по изучению и использованию приёмов для реабилитации бывших территорий промышленных зон в городской среде, в частности использование типологии арт-кластера, на примере Грозненского НИИ, депрессивной промышленной территории в г. Грозный, Чеченской Республики. В статье раскрывается понятие «мастер-план», принципы использования данного метода для способа реабилитации, перспективы влияния на градообразующие факторы, и предпосылки развития креативной индустрии города при помощи арт-кластера.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с вступлением в силу Постановления Правительства №1076 от 29.06.2023, определяющее правила разработки единого документа территориального планирования и градостроительного зонирования городов и населенных пунктов [1], в российское законодательство интегрируется новое понятие – Мастер-план. Разработка подобного типа градостроительных проектов ведётся совместно Правительством Российской Федерации, администрациями городов, госкорпорациями, организациями высшего образования, профессиональными организациями в области комплексного развития территорий и городского планирования, архитектуры и проектирования, способные привлечь в команду специалистов в области экономики, финансов, контентного программирования.

Мастер-план города – это верхнеуровневый инструмент стратегического планирования, который отвечает за комплексное развитие территории. (Рис.1):



Рис. 1. Отрасли, затрагиваемые при разработке мастер-планов.

- Охватывает социальные, экономические и пространственные аспекты развития
- Содержит необходимые управленческие механизмы для реализаций целей и задач
- Определяет проекты, необходимые к реализации для повышения жизнедеятельности города
- Мониторинг и анализ

Мастер-план представляет собой публичный документ, согласованный с горожанами, бизнесом и властью. В нём фиксируются необходимые общие принципы и наборы проектов на реальных земельных участках, которые ложатся в основу новых муниципальных программ и документов территориального планирования: Генеральный план города, ПЗЗ, ППТ, градостроительные регламенты и т.д. (Рис.2).



Рис. 2. Затрагиваемые мастер-планом документы территориального планирования

Качественный мастер-план является базовым элементом в устойчивом развитии городов. Более динамично и позитивно мастер-план принимается регионами. Такой широкий вектор развития городской среды 100 крупнейших городов России, помимо Москвы и Санкт-Петербурга.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2023 году был объявлен Открытый Международный конкурс на разработку мастер-плана города Грозный, Чеченская Республика. Инициатором конкурса стала Мэрия города Грозного при поддержке Правительства Чеченской Республики и госкорпорации ДОМ.РФ. Данное решение отразило новый этап развития города и всей Чеченской Республики (Рис.3).



Рис. 3. Чеченская Республика и город Грозный на карте Российской Федерации.

Ключевыми направлениями развития были выделены:

- ориентация на экспорт, диверсификация экономики,
- внедрение ИТ-технологий,
- создание доступной бизнес-структуры,

- формирование новой качественной среды,
- укрепление национальной идентичности.

Задачи конкурса заключались в:

- Определение перспективных направлений пространственного развития города;
- Оценка ресурсного потенциала для пространственного и территориального развития;
- Формирование потенциальных направлений экономической специализации;
- Определение перспективных направлений пространственного и территориального развития;
- Поиск существующих и потенциальных точек роста;
- Определение целевых туристических рынков.

Проект мастер-плана выделяет 5 основных уровней развития г. Грозного: экономический, социальный, культурный, экологический и исторический. Были предусмотрены 6 приоритетных территорий развития (Рис.4) [2]. В рамках этих проектов планируется создание территорий образования, инноваций и экономической активности, развитие производства, обновление природной среды и реновация центра города.

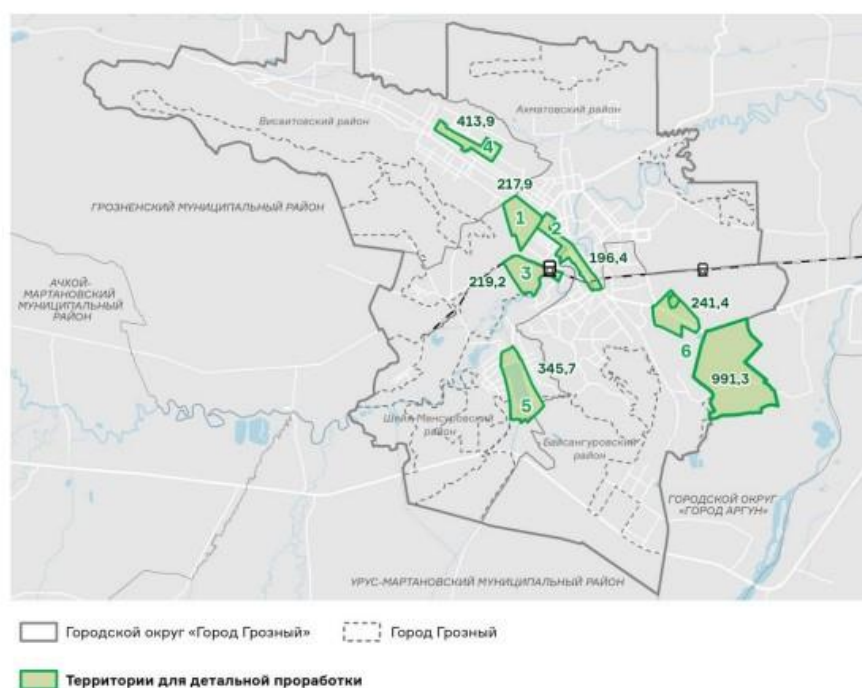


Рис. 4. Приоритетные территории для детальной разработки в рамках мастер-плана города Грозного, Чеченская Республика.

С началом разработки мастер-плана в столице Республики, пришли множество образовательных и развивающих программ в области архитектуры и градостроительства. Это и проведение Форсайт-сессий, воркшопов агентством стратегического развития «ЦЕНТР», так и проведение «Городских практик», организованных лидерской оффлайн-программой профессионального развития - «Архитекторы.рф».

Одной из приоритетных территорий конкурса являлась Территория №3 (Рис.5), расположенная в Шейх-Мансуровском районе г. Грозного, раньше отведённая под промышленные предприятия. Данный участок, в рамках конкурсной программы, рассматривался для возможности размещения креативного кластера. В данном цикле статей рассматривается приём джентрификации данной территории под креативный Арт-кластер. В первой части был проведён анализ территории для формирования такого типа кластера, во второй части рассмотрен отечественный и зарубежный опыт и методик создания арт-кластеров на подобных промышленных территориях, пришедших в упадок [3,4].



Рис. 5. Приоритетная Территория №3, Шейх-Мансуровский район г. Грозный.

Ещё раз стоит отметить, частью данного участка является территория научно-промышленного городка Грозненского НИИ (Рис.6), имеющая в своём составе объект культурного наследия регионального значения. Этот аспект является одной из важных причин формирования кластера креативной индустрии на данной территории [3,4].



Рис. 6. Здание Грозненского НИИ , Шейх-Мансуровский район г. Грозный.

В рамках мастер-плана были выделены положительные стороны и проблематика для формирования кластера на территории. Основным затруднительным моментом была большая площадь территории. У каждого креативного кластера должны быть своя индивидуальность и генеалогия, необходимо рассматривать кластер в перспективе развития на всей проектной территории, как более подробно было рассмотрено в ранее опубликованных материалах авторами [3,4]. Основными категориями участников кластера являются [5]:

- предприятия, специализирующиеся на профильных видах деятельности;
- предприятия, поставляющие продукцию или оказывающие услуги для специализированных предприятий;
- предприятия, обслуживающие отрасли общего пользования, включая транспортную, энергетическую, инженерную, природоохранную и информационно-телекоммуникационную инфраструктуру;
- организации рыночной инфраструктуры;
- научно-исследовательские и образовательные организации;

- некоммерческие и общественные организации.

Инновационные кластеры включают большое количество новых компаний, возникающих в процессе коммерциализации технологий и результатов научной деятельности, проводимых в высших учебных заведениях и исследовательских организациях [6]. Для инновационных и творческих кластеров типичными проблемами являются:

- низкая интенсивность научно-исследовательской деятельности по ключевым направлениям развития кластеров, включая образовательную компоненту;
- низкая эффективность процесса коммерциализации технологий;
- проблемы с доступом к финансовым ресурсам для развития новых технологических компаний;
- низкий уровень доступности специализированных услуг для развития начинающих технологических компаний;
- неэффективное отраслевое регулирование.

Существует несколько масштабов арт-кластера: кластер может занимать одно здание и представлять собой арт-пространство, с учётом расположения рядом всей необходимой городской инфраструктуры для обеспечения функционирования кластера и потока посетителей [7]. Занимать определённую часть территории или целую городскую территорию и ей застройку, представляя собой полноценный креативный микрорайон с собственной внутренней инфраструктурой (Рис.7).



Рис. 7. Типы размеров пространств креативной недвижимости

В данном случае администрация города Грозный планирует развивать прилегающие городские пространства: благоустройством зон отдыха, размещением инновационных предприятий промышленности, квартальной жилой застройкой [8]. Масштабность территории позволяет разместить кластер согласно второму типу организации (Рис.8). Это даёт возможность сохранить историческое наследие предприятия, а саму территорию превратить в полноценный креативный район с необходимой инфраструктурой и возможность размещения жилой застройки под нужды кластера. Таким образом креативный кластер приобретает сложную структуру, состоящую из [9]:

- **основные субъекты** - различные виды компаний.
- **органы власти** – субъекты местного, регионального или национального уровня, институты развития.
- **инновационно-исследовательское формирование** – объединения образовательных учреждений, центров компетенций, исследовательских компаний.
- структуры, предлагающие смежные типы услуг.

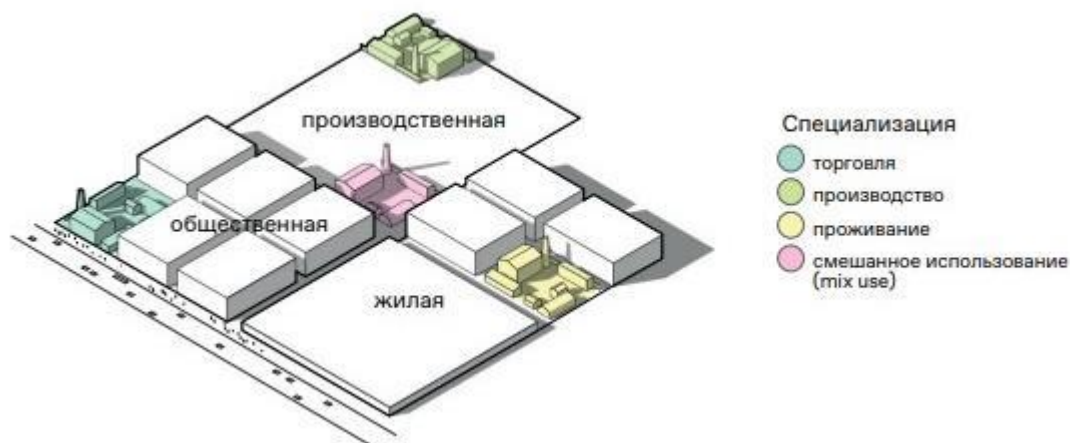


Рис. 8. Условное влияние локации на кластер.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате формирования креативного кластера на данной территории, мы решаем ряд проблем, преодолеваемых в рамках развития большинства типов кластеров:

- недостаток квалифицированных кадров, вызванный несоответствием содержания и качества образовательных программ учреждений высшего, среднего и начального профессионального образования потребностям экономики, неразвитостью механизмов непрерывного образования;
- низкую восприимчивость предприятий к инновациям, крайне медленные темпы обновления модельного ряда выпускаемой продукции, недостаточный уровень ее потребительских качеств;
- недостаточное качество и доступность транспортной и инженерной инфраструктуры;
- недостаточный уровень организационного развития кластера, включая отсутствие практики стратегического планирования развития кластера, отсутствие системы эффективных информационных коммуникаций между участниками кластера; ограниченный доступ к зарубежным рынкам.

Такой кластер станет первым на территории Чеченской Республики, и одним из первых на Северном Кавказе. А самое главное, позволит сохранить исторический объект, здания первого в мире научно-исследовательского института по нефтепереработке в городе Грозный.

ВЫВОДЫ

Таким образом, можно сделать вывод, что рациональное планирование и зонирование территорий, в рамках мастер-плана оказывает положительное влияние не только в масштабах города, но и в контексте конкретной территории. Мастер-план решает проблематику депрессивных территорий города, как инструмент планирования и развития, при помощи разработки индивидуальной методики и принципов решения городских потребностей, создавая взамен комфортную городскую среду с большими перспективами на будущее.

БЛАГОДАРНОСТИ

Хотели бы выразить благодарность Мэрия города Грозный и ООО АСР «ЦЕНТР» за организацию и проведение на площадках ГГНТУ им.акад. М.Д. Миллионщикова форсайт-сессий и других мероприятий с привлечением студентов и сотрудников университета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 29.06.2023 № 1076 «Об утверждении Правил подготовки и утверждения единого документа территориального планирования и градостроительного зонирования поселения, муниципального округа, городского округа, внесения в него изменений и состава материалов по обоснованию единого документа территориального планирования и градостроительного зонирования поселения, муниципального округа, городского округа».
2. Комплексная оценка потенциала развития города Грозного, Чеченская Республика. Аналитическое исследование. ООО «Агентство стратегического развития «ЦЕНТР». 2023г.
3. Терехова Е.Д. Грозненский НИИ: Анализ формирования арт-кластера для реабилитации территорий промышленной зоны городской среды/ С.А. Алиев, Е.Д. Терехова, Муртазаев И. С-А., Алиева Х.А.// Молодежь, наука, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Грозный, 2023
4. Терехова Е.Д. Грозненский НИИ: креативная индустрия как инструмент возрождения депрессивных территорий городской среды / С.А. Алиев, Е. Д. Терехова, И. С-А. Муртазаев, Х.А. Алиева// Вестник ГГНТУ, Том XIX, №3 (33). Грозный 2023г.С. 50-64
5. Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва «МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ по реализации кластерной политики в субъектах Российской Федерации» [Электронный ресурс], URL: <https://studfile.net/preview/9922010>
6. Амосова Е.В. Творческие кластеры как способ сохранения и речедевелопмента объектов индустриального наследия/ Е.В. Амосова// Журнал «Общество. Среда. Развитие», № 3 (52), 2019 г.
7. Казакова К. И. диссертация «СОВРЕМЕННОЕ ИСКУССТВО В СТРУКТУРЕ АРТ-КЛАСТЕРА: ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ И ФОРМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, институт гуманитарных наук и искусств Кафедра истории искусств и музееведения, 2017г.
8. Внесение изменений в генеральный план города Грозного, внесение изменений в текстовую и графическую части Правил Землепользования и застройки в соответствии с требованиями действующего законодательства и с учетом изменений генерального плана (включая выполнение научно-исследовательских работ). ТОМ 1,2 / Материалы по обоснованию проекта генерального плана муниципального образования городской округ «город Грозный»/ Департамент строительства и архитектуры Мэрии г. Грозного, 2017 г.
9. «СНОСИТЬ НЕЛЬЗЯ РЕВИТАЛИЗИРОВАТЬ» Руководство по созданию креативного кластера / ООО "Агентство развития регионов", ООО "Флакон Икс" / Москва, 2019 г.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ МОБИЛЬНОГО ЖИЛИЩА ДЛЯ ВРЕМЕННОГО ПРЕБЫВАНИЯ

А.В. Панфилов

*ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», 625000, Уральский федеральный округ, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38,
archi-zoom@yandex.ru*

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы формирования мобильного жилья для временного пребывания. Описываются основные актуальные векторы развития мобильного жилища, представленные на основании реально существующих объектов. Анализ актуальных на момент написания на стоящей статьи тенденций в развитии мобильной архитектуры для временного пребывания, с одной стороны, показывает верность изложенных более 10 лет положений авторской концепции развития мобильной архитектуры в направлении расширения ее адаптационных возможностей, а с другой демонстрирует некий застой в формировании базовых концептуальных решений. При этом, именно в разработке современных объектов мобильной архитектуры отрабатываются наиболее совершенные технологии организации и технического оснащения современного жилого пространства.

ВВЕДЕНИЕ

Современное мобильное жилище, обобщенно, можно разделить на две основные категории: во-первых, это, пользуясь терминологией ГОСТ и иных научных работ [1-3] - инвентарные мобильные здания, представленные ставшими уже привычными «домами на колесах» или без них, которые применяются при вахтовом методе народно-хозяйственной деятельности или в качестве бытовок; во-вторых, это инновационные, отчасти не похожие на привычные нам объекты жилищного строительства, в полной мере олицетворяющие современное понимание пространственной свободы человека, усиливающиеся с развитием пост-индустриальной экономики и цифровых средств и способов работы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

История создания и формирования систем мобильного жилища имеет достаточно древнюю историю, однако, она всегда, так или иначе, была привязана к средствам мобильности (требование перемещения в пространстве), удобной и простой в сборке и использовании (требование эргономики и минерализации ресурсов), не занимать много места, когда его эксплуатация не требуется (требование трансформации), и быть приспособленным к изменяющимся внутренним или внешним условиям (требование адаптивности и автономности) [4]. Именно в этом понимании, в синергии всех факторов, мобильное жилище для временного пребывания и получило свое максимальное развитие в конце XX-начале XXI веков. Данному факту в немалой степени способствовала диверсификация сфер применения мобильного жилища: временное жилье для вахтовых работ, в условиях строительства, а также в малоосвоенных и труднодоступных районах, удаленных от промышленных центров прирельсовой зоны, в районах с неблагоприятными климатическими условиями; временное гарнизонное жилье для военнослужащих; научно-экспедиционная деятельность; городское, пригородное, загородное усадьбное и дачное жилье; жилье для сельской местности; рекреационное жилье; туристическое и гостиничное жилье. Однако, учитывая фактор усиления постиндустриальной экономики (развитие которой, с учетом происходящих в мире событий можно воспринимать не как смену научно-технической эпохи, а как модное явление с увеличенным сроком реализации), а также усилившуюся в связи с ковидным кризисом потребности в уединенном и/или автономном существовании.

Современная мобильная архитектура, как и в давние времена, плотно ассоциируется с кочевым образом жизни. В связи с этим современные архитекторы стараются максимально оптимизировать пространство маленьких домов, для удобства транспортировки, но при этом сохранить весь необходимый функционал, требуемый для современного человека, собирающегося жить в таком доме. В качестве примера данного направления рассматриваются наиболее интересные, с точки зрения автора настоящей статьи представители современного мобильного домостроения.

«Диоген»

В 2013 году Кампус Vitra представил новый архитектурный объект. На холме между Куполом Бакминстера-Фуллера и VitraHaus итальянский архитектор Ренцо Пьяно и его бюро «Строительная Мастерская Ренцо Пьяно» (RPBW) спроектировали дом «Диоген» (рис. 1, 2), который на настоящий момент является самым маленьким зданием на кампусе, но при этом, самым важным. [5]

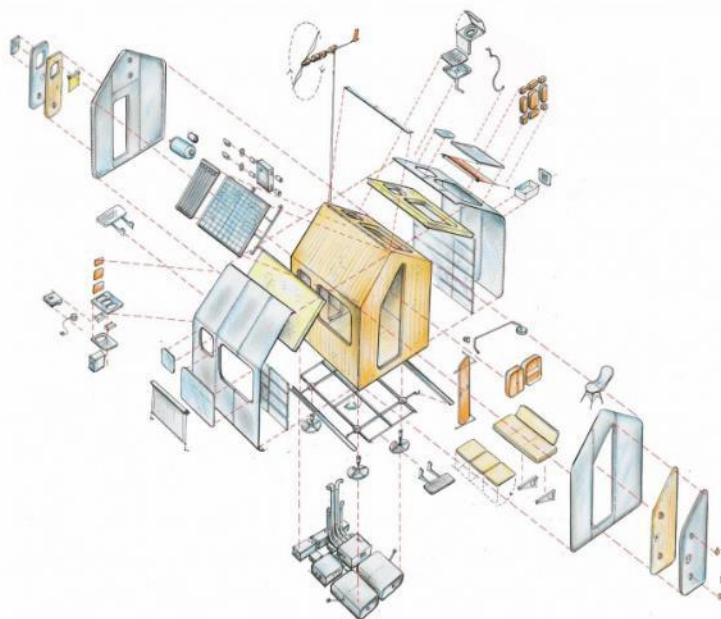


Рис. 1. Мини-дом «Диоген» (проект). Режим доступа: <https://archi.ru/world/48740/diogen-mini-dom-po-proektu-renco-pyano-i-rpbw-dlya-vitra>



Рис. 2. Мини-дом «Диоген» (внешний вид). Режим доступа: <https://archi.ru/world/48740/diogen-mini-dom-po-proektu-renco-pyano-i-rpbw-dlya-vitra>

«Диоген» был назван в честь античного философа Диогена Синопского, который считал все мирские блага излишествами. В основе концепции микро-дома архитектора Ренцо Пьяно, по его же словам, лежит идея минималистической сооружения он вынашивал еще в студенческие годы: формирование жилого пространство размером 2х2 метра – именно столько места необходимо для одной кровати, небольшого столика и стула – т.е. всего того, о чем мечтают многие студенты-архитекторы. Этот простой, вписывающийся в ландшафт дом, является отображением эстетики древних домов, которая, основываясь на античных представлениях Витрувия, стоит у истоков технологии и архитектуры. В полностью собранном и обставленном виде он занимает всего лишь 2.5х3 метра – таким образом, его можно перемещать с места на место погрузив в грузовик.

Следует отметить, что, не смотря на минимальные и даже избыточно утилитарные характеристики, мини-дом «Диоген» не является жилищем на случай чрезвычайной ситуации, это – сознательное место уединения. Хотя внешний вид «Диогена» и напоминает обыкновенный дом, в котором четко прослеживается набирающих популярность в последнее время стиль «барн-хауса», на самом деле он является сложным с технической точки зрения комплексом, оборудованным всевозможными установками и техническими системами, которые обеспечивают его независимость и автономность от местной инфраструктуры: накопитель дождевой воды, фотогальванические элементы и солнечные модули, тройное остекление, биотуалет, естественная вентиляция. Являясь самодостаточной и автономной системой, предполагается, что «Диоген» может исполнять свое назначение в любых климатических условиях и вне зависимости от имеющейся инфраструктуры: дом способен самостоятельно собирать необходимый запас воды, очистить и использовать повторно, снабжает себя энергией используя при этом оптимальный минимум необходимого оборудования.

Передняя часть имеет функцию гостиной: с одной стороны, стоит складной столик у окна, с другой – раздвижной диван. За перегородкой располагаются кухня, душ и туалет, в которых сохранено лишь самое необходимое. Дом и меблировка представляют собой единое целое. Всё выполнено из дерева, которое придает интерьеру мягкий характер. Функцию защиты от атмосферных явлений выполняют алюминиевые панелями, которым облицован дом снаружи.

Раскладной дом от Адама Калкина

Американский архитектор Адам Калкин создал уникальную концепцию складных домов. (рис.3). Такая конструкция способна превратиться в удобное, функциональное и практичное жилье из полностью закрытого металлического блока всего за 90 секунд [6].



Рис. 3. Раскладной дом. Варианты стилистических решений. Режим доступа: <https://designerdreamhomes.ru/raskladnoy-dom-ot-adama-kalkina/>

Особенный механизм раскладывания контейнерных домов основывается на гидроприводе стен. Управлять процессом трансформации позволяет специально настроенный компьютер. При переходе дома в состояние эксплуатации, владелец получает в свое распоряжение 6 функциональных зон: столовой, кухни, ванной комнаты, гостиной,

кабинета и спальни. Из-за того, что стены также исполняют функцию полов, то многие элементы интерьера интегрированы в ограждающие конструкции и каркас дома. Так, к примеру, на одной из стен размещается двуспальная кровать, на другой – диван гостиной. Не смотря на пространственную скромность объекта, в доме нашлось место даже для небольшой библиотеки, одновременно выполняет функцию одной из дверей. Материалом для крыши был выбран полупрозрачный материал, который пропускает свет и одновременно защищает от прямых солнечных лучей.

Стоит отметить, что примененный архитектором принцип трансформации объекта не только позволяет увеличить площадь и функционал объекта в эксплуатируемый период, но и надежно защитить дом не только от климатических факторов, но и от внешней агрессии.

Мобильный дом BLOB VB3

Бельгийским бюро архитекторов dmva был представлен очень необычный яйцевидный офис, получивший название Blob VB3 (рис. 4). Но это не только мобильный офис, его также можно эксплуатировать в качестве жилого мобильного дома. Он оборудован минимально необходимыми для современного человека удобствами, такими как: небольшая ванная комната, несколько ниш и полки для хранения, а также множество других полезных вещей, которые сделают его пригодным для постоянного проживания, например, небольшая кухня, ванная, кровать. [7]



Рис. 4. Раскладной дом. Варианты стилистических решений. Режим доступа: <https://designerdreamhomes.ru/raskladnoy-dom-ot-adama-kalkina/>

Внешний вид данного сооружения был, продолжает вектор применения бионических форм в архитектуре мобильного жилища. Главным материалом при изготовлении был выбран полиэстер, который может выдерживать любые температуры и погодные условия. Общая площадь такого жилища составляет около 20 квадратных метров, что вполне хватает для одного-двух человек. Интересной особенностью Blob VB3 является то, что его передняя часть может открываться, и он может функционировать как небольшое крыльцо или веранда. Архитекторы из dmva утверждают, что этот мобильный дом можно легко транспортировать, что позволяет устроить жилище даже на вершине горы.

ВЫВОДЫ

Таким образом, на основе рассмотрения всего нескольких примеров мобильной архитектуры можно сделать следующие выводы:

1. Процесс поиска новых решений идет в направлении минимализации объектов при условии максимализации их функционального насыщения, что согласуется с общим направлением компактизации жилища, вызванной различными объективными и субъективными факторами.

2. Разработка адаптационных возможностей мобильного жилища идет не по направлениям адаптации к внешним агрессивным средам, а по направлению «внутренней мобильности», что лишним раз подчеркивает не утилитарный, а рекреационный ветер развития мобильного жилища.

Отдельно следует отметить, что, хотя представленные примеры мобильных домов для временного пребывания и представляют интерес с точки зрения развития тех или иных направлений, в базе свой они не формируют новый менстримов, а лишь развивают отдельные стилистические векторы, подробно систематизированные и описанные в авторских научных публикациях [4,8] и хорошо прослеживаемых по результатам международных конкурсов, к примеру, таких как: «LivingBox. Prefabricated Living Unit» [9], «InstantHouse – Temporary Housing» или концептуальные альманахи «Move House» [10] и «XS» [11]

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 58760-2019 Здания мобильные (инвентарные). Общие технические условия, дата введения 2020-09-01 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200170185> (дата обращения 11.12.2023) - Текст: электронный.
2. Сапрыкина Н.А. Мобильное жилище для севера. / Н.А. Сапрыкина. – Ленинград. Стройиздат. - Текст: непосредственный.
3. Мироненко В. П., Цымбалова Т. А. Мобильное жилье как функционально-типологическая разновидность индустрии современного домостроения // Вісник ПДАБА. 2015. №9 (210). [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/mobilnoe-zhilie-kak-funktsionalno-tipologicheskaya-raznovidnost-industrii-sovremennogo-domostroeniya> (дата обращения 11.12.2023) - Текст: электронный.
4. Панфилов, А. В. Эволюция, особенности развития и классификационные основы формирования мобильного жилища для временного пребывания / А. В. Панфилов // Архитектура и современные информационные технологии. – 2011. – № 4(17). – С. 14. – EDN OJHLEJ.
5. «Диоген» - мини-дом по проекту Ренцо Пьяно и RPBW для Vitra [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://archi.ru/world/48740/diogen-mini-dom-po-proektu-rencu-pyano-i-rpbw-dlya-vitra> (дата обращения 11.12.2023) - Текст: электронный.
6. Раскладной дом от Адама Калкина [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://designerdreamhomes.ru/raskladnoy-dom-ot-adama-kalkina/> (дата обращения 11.12.2023) - Текст: электронный.
7. Мобильный дом Blob VB3 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://hsl.guru/mobilnyj-dom-blob-vb3/> (дата обращения 11.12.2023) - Текст: электронный.
8. Панфилов, А. В. Особенности формирования мобильного жилища для временного пребывания (конец XX - начало XXI века) : специальность 05.23.21 "Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Панфилов Александр Владимирович. – Москва, 2013. – 26 с. – EDN ZOSJZX.
9. «LivingBox. Prefab Living Units» Competition results. Edilportale.com S.p.A. – 2007.
10. Sean Topham. Move House. – Prestel Verlag, Munich-Berlin-London-New York, 2004.
11. Phyllis Richardson. XS: Big Ideas, Small Buildings. – Universe publishing – Thames & Hudson Ltd., London, 2001.

АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ОРГАНИЗАЦИИ НЕПРЕРЫВНОГО ПРИРОДНО-РЕКРЕАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА МОСКВЫ

Е.П. Захватистова¹, Ю.Г. Страшнова²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*zahvatistova@mail.ru*

²*juli.07@bk.ru*

Аннотация

В статье обосновывается актуальность совершенствования общественных природно-рекреационных пространств города, обеспечивающих устойчивость развития природного каркаса и возможность непрерывного движения человека в благоприятных экологических условиях. Основываясь на анализе российского и зарубежного научного и практического опыта организации пешеходных пространств с использованием надземных территорий, авторы вводят понятие непрерывного природно-рекреационного пространства города, определяют структуру, принципы и факторы, влияющие на его формирование.

Ключевые слова: *открытые общественные пространства, система пешеходных связей, маршруты для экологических видов транспорта, надземные территории, общественно-рекреационные объекты, природный каркас, биологический коридор.*

Актуальность. Рост урбанизации в крупнейших городах провоцирует высокую концентрацию населения, в том числе в составе общественных и рекреационных зон города. Высокая нагрузка на транспортную систему приводит к пространственному усложнению ее структуры, появлению новых диагональных связей (хорд), новых маршрутов ж/д транспорта, использованию многоуровневых надземных развязок, паркингов. Это разделяет территорию города и становится серьезным психологическим и физическим препятствием для пешехода. В таких ситуациях человек «уходит» под землю, используя подземное пространство для преодоления планировочного разделителя. Такая практика негативно влияет на здоровье, препятствует благоприятному восприятию городского пространства и ориентации.

Требуют решения природно-экологические задачи: обеспечение непрерывности природно-рекреационного каркаса города, повышение показателей экологического состояния мест пребывания человека.

Не случайным является появление социальной инициативы, авторского проекта «Зеленое кольцо Москвы», представляющего собой кольцевой маршрут для спортивной ходьбы, объединяющий территории парков, общественные и жилые зоны города. Это подтверждает наличие запроса жителей города на создание непрерывного общественного пространства для комфортного передвижения пешком или на экологических видах транспорта.

Авторы предлагают рассмотреть гипотезу формирования непрерывного природно-рекреационного пространства на основе парковых зон города, объединенных надземными территориями, повышающего устойчивость природного каркаса, обеспечивающего жителям возможность комфортного передвижения и активного досуга в благоприятных экологических условиях, создание новой уникальной черты образа города.

Объектом исследования является природно-рекреационное пространство города, формируемое путем «сращивания» отдельных наземных природных и общественных территорий посредством устройства надземных платформ.

Предметом исследования выступает обоснование мест размещения надземных территорий как связующего элемента в составе непрерывного природно-рекреационного пространства в различных градостроительных условиях.

Проектный опыт устройства надземных территорий обобщен по двум направлениям: реорганизация существующих надземных элементов транспортного назначения в общественно-рекреационные пространства; создание новых надземных платформ с целью «сшивания» ткани города [1].

В практике градостроительства примером первого типа является линейный парк «High line» на конструкциях выведенной из эксплуатации железнодорожной линии. Иллюстрацией второго типа выступает парк "Миллениум" в Чикаго, эксплуатируемая крыша многофункционального общественного комплекса Намба-парк в Осаке, вновь создаваемый комплекс Олимпийский в Москве и пешеходный мост в Алматы (Рис. 1 a,b,c,d).



Рис. 1 а) Парк “Миллениум”, Чикаго, США; б) Намба Парк, Осака, Япония; в) СК “Олимпийский”, Москва, Россия; г) Зеленый пешеходный мост, Алматы, Казахстан

Приведенные примеры реализованных (Рис.1 а,б) и нереализованных (Рис.1 в,г) надземных территорий обеспечивают возможность свободного перемещения посетителей исключения контактов с транспортом. Проект СК “Олимпийский” предусматривает объединение территории спортивного комплекса и Екатерининского парка за счет устройства пешеходного надземного моста. Намба-парк, расположенный в городе Осака сочетает эксплуатируемую надземную территорию (эксплуатируемую крышу) с многофункциональным общественным комплексом.

Инициативный социальный проект «Зеленое кольцо Москвы», предложенный группой спортсменов, содержит концепцию устройства наземного кольцевого маршрута для любителей спортивной ходьбы (Рис.2). Общая длина маршрута составляет 160 км, проходит по территории 32 скверов и парков, в том числе по 14 особо охраняемым природным территориям. Однако экологические условия и планировочные особенности урбанизированной среды препятствуют безопасному и комфортному передвижению людей [2].

Организация непрерывного природно-рекреационного пространства в затесненных условиях урбанизированной среды требует применения современных научных знаний о структуре городского пространства. Полезно рассмотреть модель организации среды жизнедеятельности поселения, построенную с учетом взаимодействия четырех территориально-пространственных объектов(I,II,III,IV), одним из которых выступает объект «надземные территории» [3]. Модель описывает компоненты и типы, частные функции и функциональные процессы, требования и планировочные факторы территориально-пространственных решений объектов(I,II,III,IV).

Анализ научного опыта позволил выявить понятие городского рекреационного каркаса как системы взаимосвязанных общественных пространств, объединенных за счет устройства благоустроенного зеленого пешеходного коридора, имеющей многоуровневую иерархическую структуру, объединяющую общегородской, районный, локальный уровни [4].

Основываясь на выявленных закономерностях изменений роста численности населения города и повышением его этажности, разработана концепция устройства многоуровневых пешеходных путей в составе общественных пространств с целью рассредоточения пешеходных потоков [5].

В работе [6] оценка уровня шумового воздействия на окружающую среду, а также оценка степени защищенности от негативного воздействия транспорта позволили сформулировать положения "зеленого строительства", включающего организацию различных форм озеленения, в т.ч. зеленые насаждения, интегрированные в архитектурный объем здания.

Исследование роли и места многофункционального пешеходного моста в процессе формирования современного городского пространства направлено на улучшение инфраструктуры благоустройства и общественного обслуживания населения жилых районов. Предлагаемая концепция предусматривает размещение надземных платформ над крупными транспортными и железнодорожными магистралями по территории города [7].

Обобщение действующей на территории РФ нормативно-правовой базы в части регулирования проектирования и строительства (в т.ч. наземных конструкций) выполнено на материалах СП42.13330.2016, СП259.1325800.2016 и СП118.13330.2022. ФЗ "Об особо охраняемых природных территориях" регулирует деятельность и режимы особой охраны данных территорий.

В рамках идеи формирования непрерывного природно-рекреационного пространства города, используя ценный научный и практический опыт, прорабатываются новые актуальные вопросы: понятие непрерывного природно-рекреационного пространства, классификация его структурных элементов, принципы размещения по территории города.

Непрерывное природно-рекреационное пространство - это планировочная структура, реализуемая посредством взаимодействия типов и компонентов четырех территориально-пространственных объектов городского поселения – территорией, застройкой, элементами биосферы, надземной территорией.

Классификация структурных элементов включает:

- а) природные территории (лесопарки, парки, скверы, бульвары, природные береговые территории);
- б) общественно-рекреационные территории (урбанизированные береговые территории, открытые общественные пространства, спортивные зоны и др.);
- в) надземные платформы с пешеходно-рекреационными функциями;
- г) коммуникационные узлы как элементы вертикальных связей для подъема и спуска посетителей с надземной платформы.

Разработаны принципы формирования непрерывного природно-рекреационного пространства на территории крупнейшего города:

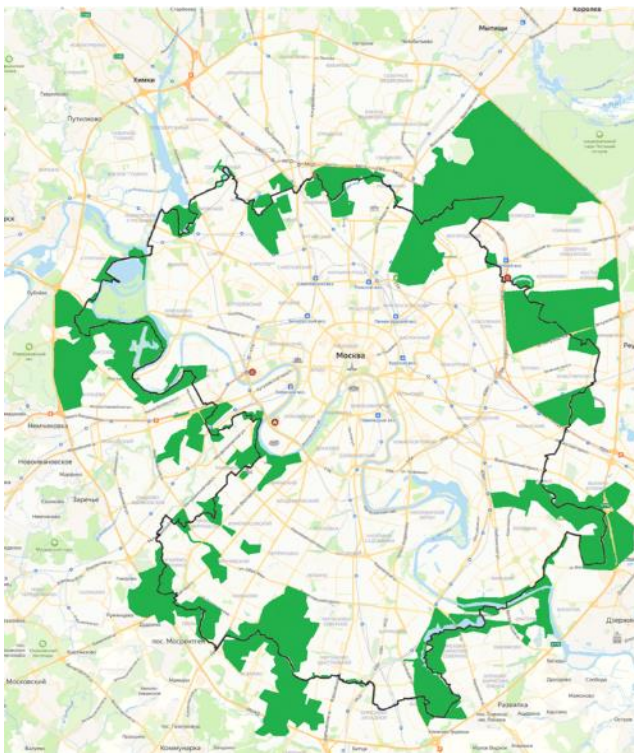
- 1) разгрузка ареалов парковых территорий с интенсивной рекреационной нагрузкой;

- 2) определение трассировки «воздушного маршрута» по принципу минимальной протяженности;
- 3) приоритетное размещение надземной территории над зоной общегородского центра города, обладающей высокой плотностью застройки;
- 4) устройство вертикальных связей в транспортных узлах для поднятия и спуска посетителей с надземной платформы;
- 5) обеспечение возможности пешеходу подняться над зонами экологического риска с высокими показателями шумового дискомфорта, загрязнения воздуха;
- 6) приоритет визуального комфорта видовых раскрытий при выборе места прохождения надземного маршрута;
- 7) учет мнений различных социальных групп населения города при выборе места прохождения надземного маршрута и перечня сопутствующих услуг.

В результате реализации идеи создания непрерывного природно-рекреационного пространства решается ряд планировочных, экологических и социальных задач:

- 1) обеспечивается планировочная связанность территории, преодолеваются пространственные разделители территории, жители получают дополнительную возможность передвигаться по городу, создаются коммуникативные элементы, обеспечивающие вертикальные связи, возможность «входа» из транспортно-пересадочных узлов;
- 2) повышается непрерывность территории природного комплекса, усиливаются естественные экологические процессы, сохраняется биоразнообразие;
- 3) улучшаются экологические характеристики среды пребывания и проведения активного досуга человека (по шуму, качеству воздуха);
- 4) создается новое социальное пространство для общения, проведения семейного, молодежного, спортивного, культурного досуга, обеспеченное широким перечнем услуг (прокат спортивного инвентаря – велосипедов, роликов, скейтов, лыж и пр., туристско-информационные центры, кафе, мини-коворкинги и др.);
- 5) создается новый блок мест приложения труда, обслуживающих инфраструктуру непрерывного природно-рекреационного пространства;
- 6) возникает новый объект туристического интереса, учитывая вновь созданный ракурс пространственного восприятия города сверху и одновременно новый облик при взгляде на надземные элементы с уровня поверхности земли.

а)



б)

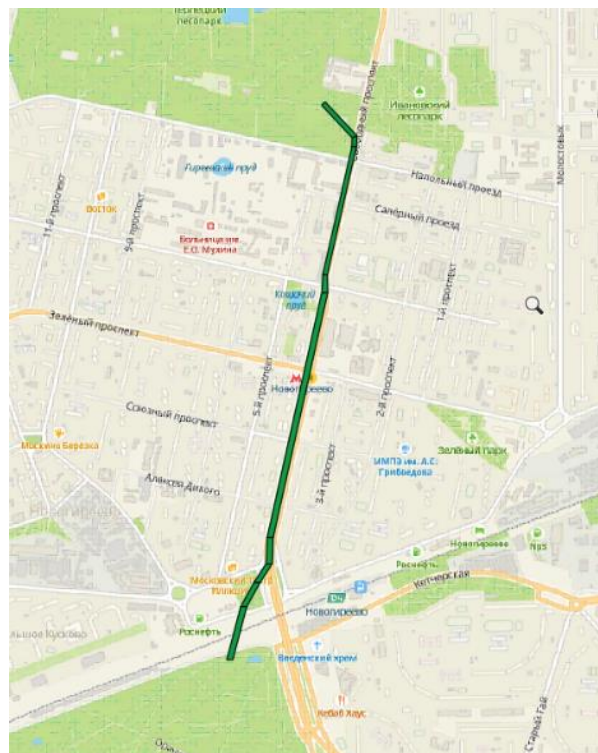


Рис. 2. а) «Зеленое кольцо Москвы»; б) Фрагмент маршрута от Кусковского до Терлецкого лесопарка

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авдеева, К. А. Надземные парки - зарубежный опыт модернизации заброшенных территорий / К. А. Авдеева, О. А. Песляк // Вестник науки. – 2022. – Т. 6, № 51. – С. 397-401.;*
2. *Зеленое Кольцо Москвы : сайт. – URL: <https://trekkingmania.ru/zkm/> (дата обращения: 28.10.2023);*
3. *Алексеев, Ю. В. Основы планирования, проектирования поселений региона и организации и координации профессиональной деятельности : монография. – Москва : АСВ, 2022. – 195 с. – ISBN 978-5-4323-0421-6.;*
4. *Соломина, Ж. Б. Городской рекреационный каркас (на примере г.Выборга) / Псковский регионологический журнал. 2007. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gorodskoy-rekreatsionnyy-karkas-na-primere-g-vyborga> (дата обращения: 9.12.2023);*
5. *Лисина, О. А. Архитектурное формирование многоуровневых пешеходных пространств : специальность 05.23.21: "Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Лисина Ольга Анатольевна. – Нижний Новгород, 2020. – 24 с.;*
6. *Родионовская Инна Серафимовна, Дорожкина Екатерина Александровна. "Экология урбанизированных территорий в аспекте "зеленой архитектуры" и благоустройства" Урбанистика, № 2, 2017, с. 11-19;*
7. *Плотникова, Н. И. Городской многофункциональный пешеходный мост. Роль и место в формировании современного городского контекста / Н. И. Плотникова // Вестник МГСУ. – 2011. – Т. 1, № 1. – С. 166-175.*

ОСОБЕННОСТИ АНАЛИТИЧЕСКОГО ЭТАПА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЦВЕТОВОЙ СРЕДЫ ИСТОРИЧЕСКИХ ГОРОДОВ НА ПРИМЕРЕ УЛ. ЛЕНИНА, Г.ОРЕЛ

И.А. Миронова¹, О.И. Ширяева²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», 1302026, Орловская область, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95.

¹ hatshepsoote@yandex.ru

² olasiraeva28@gmail.com

Аннотация

В статье обосновывается необходимость аналитической работы, которая является базисом дальнейших этапов цветowego проектирования городов. Рассмотрены основные направления и результаты исследований, посвященных цвету и проектированию цветовой среды. Определен алгоритм и дано краткое описание аналитического этапа цветowego проектирования в историческом городе. Приведены результаты анализа архивных материалов. Выведена зависимость преобладания определенных оттенков цвета от времени года. Определены цвета, которые меняют свои характеристики в зависимости погодных условий и времени суток. Скомпонована предварительная палитра цветов, отражающая основные цвета, характерные как для Среднерусской возвышенности в целом, так и для города Орла в частности. Сделан вывод о необходимости аналитического этапа цветowego проектирования. Определена последовательность ведения аналитической работы и основные направления для сбора, изучения и систематизации данных. Отмечена важность дальнейшей исследовательской работы в области цветowego проектирования и совершенствования городов.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе изучения научных основ проектирования и совершенствования цветовой среды городов нельзя обойти стороной аналитический этап проектирования. Именно на этом этапе закладывается базис дальнейшего формирования цветовой пластики архитектурно-градостроительных ансамблей. Город следует рассматривать как живой организм, который постоянно меняется и зависит от природно-климатических особенностей региона, сложившейся колористической культуры, преобладающих строительных и отделочных материалов. Для того, чтобы выявить характерные черты проектируемого городского пространства и выстроить алгоритм проектирования, необходима аналитическая работа, являющаяся начальным этапом проектирования. Аналитическому этапу цветowego проектирования следует уделять повышенное внимание, когда речь заходит о цветовой проектировании в исторических городах. Эта особенность продиктована фактом наличия сложившейся определенной колористической культуры, которая естественным образом находит своё отражение в архитектуре и проявляется, как правило, в виде колористических символов и сложившихся представлений о цвете. Немаловажен и ретроспективный анализ наиболее распространенных в регионе строительных и отделочных материалов. Например, оценивая древнейшие города мира с позиций колористических решений, можно заметить, что многим из них свойственны монохромные гаммы цветов. К такому эффекту приводило преобладание какого-либо материала в строительстве [1]. И, не смотря на несопоставимо более широкий спектр цветowych возможностей современных отделочных материалов, наличие монохромных ареалов в исторических городах будет играть существенную роль в общей колористической картине города. При этом важно стремиться к сохранению цветовой аутентичности исторических городов, отражая преемственность поколений с помощью уникального цветowego кода.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рамках проводимого исследования применялся системный подход. Были использованы такие методы теоретического исследования, как анализ, синтез и обобщение теоретического и практического опыта проектирования цветовой среды городов. Также в ходе исследования применялись эмпирические методы исследования – наблюдение, описание, сравнение.

Изучены теоретические труды выдающихся исследователей цвета и цветового проектирования городов, а также результаты их практического применения. Проанализированы и обобщены результаты изучения архивных материалов, а также наблюдений. Проведен сравнительный анализ полученных данных, произведена фиксация сведений, полученных в результате исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В целях изучения методологии проектирования и совершенствования цветовой среды городов, кратко рассмотрены ведущие теории колористического проектирования и приведены обобщенные результаты проведения первоначального, аналитического этапа колористического проектирования на примере улицы Ленина в городе Орле Орловской области.

Йоханнес Иттен, разработал базирующийся на физике цвета алгоритм, результатом применения которого становится двенадцатичастный цветовой круг. Цветовой круг Иттена зарекомендовал себя, как простой, полезный и при этом весьма доступный инструмент, активно используемый в работе художниками, архитекторами, дизайнерами, а также студентами при изучении колористики [2].

Свой вклад в изучение цвета внес такой выдающийся архитектор-модернист XX века, как Ле Корбюзье. Корбюзье разработал цветовую систему, которой дал название – архитектурная полихромия. Ле Корбюзье проявлял профессиональный интерес к организации жизненного пространства для людей, в том числе и в колористическом аспекте. Корбюзье считал, что цвет в архитектуре меняет пространство, а также приписывал цвету такое качество, как конструктивность. Цвет, по мнению архитектора, вызывает ощущение устойчивости конструкции [3].

Выдающимся экспертом в сфере архитектурно-градостроительной колористики по праву можно считать Жана-Филиппа Ланкло. Он получил известность благодаря своим исследованиям в области цветового проектирования городской среды. Жан-Филипп Ланкло разработал методику обоснованного подбора цветовой линейки для городов. Алгоритм включает в себя тщательный анализ природных данных; визуальный синтез и разработку так называемого «алфавита цветов», который в дальнейшем может использоваться, как пособие по подбору гармоничных цветовых сочетаний для конкретного города. Анализировались все природные компоненты ландшафта (земля, песок, скальные массивы и т.п.), а также компоненты, изменяющий свой цвет в зависимости от времён года, например, преобладающие цвета растительности, водная гладь и т.п. Ланкло рассматривал городскую среду и через призму антропогенного фактора, уделяя внимание не только характерным цветам строительных и отделочных материалов, но и витринам, автомобилям и т.п. Жан-Филипп Ланкло внес неоценимый вклад в развитие градостроительной колористики, а его методика не утратила актуальности и на сегодняшний день [4].

Не менее значимым для исследователей архитектурно-градостроительной колористики является научное наследие французских исследователей Кле. Франс и Мишель Кле разработали свою методику, в которую, в частности, входит годовой анализ природного ландшафта (небо, растительность, минералы и т.п.). На последнем этапе колористическое проектирование, по сути, выходит на уровень градостроительного проектирования в стадии генерального плана [4].

Существенный вклад в развитие отечественных исследований в сфере архитектурно-градостроительной колористики внес Андрей Владимирович Ефимов. Ученый посвятил

свою деятельность исследованию влияния цвета на формирование городского пространства. А.В.Ефимов последовательно изучал работы Кле и Ланкло. Следует отметить, что Андрей Ефимов и Жан-Филипп Ланкло были лично знакомы и обменивались результатами своих научных исследований. А.В.Ефимов возглавлял работы по цветовому проектированию более 20-ти районов и ряда городов России – Москва, Ярославль, Сургут, Иркутск, Ялта, Якутск и др. Огромный профессиональный опыт в сфере цветового проектирования и совершенствования городов позволил А.В.Ефимову выделить несколько основных этапов в колористическом. Не останавливаясь подробно на всех этапах, необходимо отметить, Ефимов не только определяет важность аналитического компонента проектирования цветовой среды, но и отводит для него два этапа проектирования: первый и второй. На первом этапе изучаются природные особенности: атмосфера, спектральный состав солнечного света, интенсивность осадков, температурно-влажностный режим и т.п. На втором – изучается эволюция структуры и цветовой палитры городской среды [1].

Все описанные выше методики являются теоретической базой, как для дальнейшего развития научных основ в области совершенствования цветовой среды городов, так и для проектирования колористической среды конкретного города. Необходимо определять цели проектирования, исходя из которых, вырабатывается дальнейший алгоритм последовательных действий.

Особенности аналитического этапа колористического проектирования в исторических городах можно рассмотреть на примере проведенного колористического анализа улицы Ленина в городе Орле, Орловской области. Улица Ленина находится в центре города Орла и относится к исторической зоне. Первоначально улица Ленина носила название Болховская, а после установления советской власти была переименована в честь политического и государственного деятеля Владимира Ильича Ленина [5]. В ходе анализа исследовались архивные материалы и фотографии, которые свидетельствовали о том, что в качестве основного строительного материала использовались дерево и кирпич, а дорожное мощение было выполнено из брусчатки. Анализ исторических источников позволил выделить основные используемые цвета. Это оттенки бордового, серого, белого, бежевого и светло-зеленого[6]. Визуальный анализ позволил сделать вывод, что смена эпох, политического строя и экономических стратегий происходят быстрее, чем смена цветовых предпочтений людей и выбор определённой цветовой гаммы прослеживается сквозь многие годы (рисунок 1).



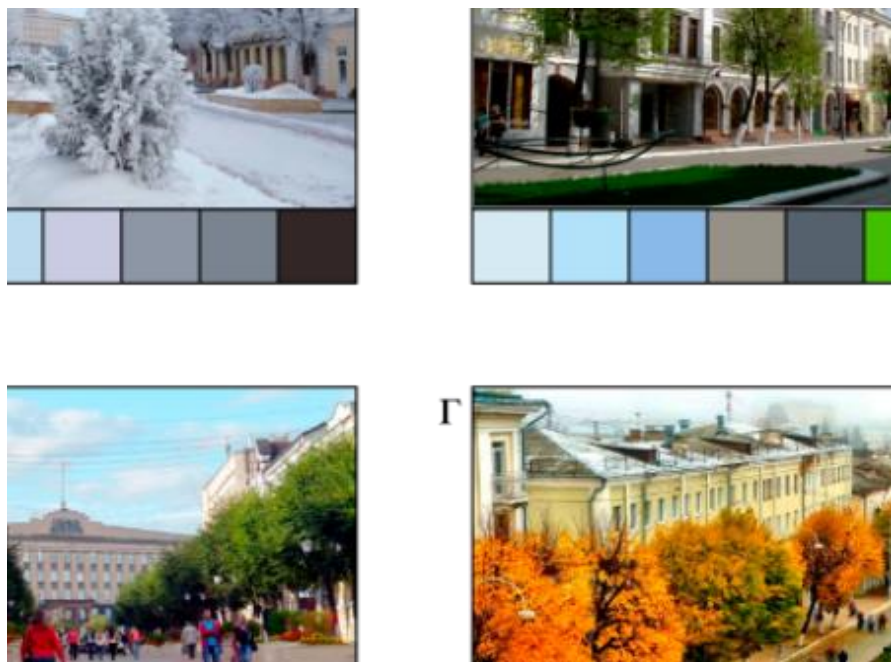
Рис. 1. Историческая фотография улицы Ленина в г. Орле

Следующей задачей аналитического этапа стало изучение природных компонентов ландшафта, как характеризующихся относительной постоянностью, так и с динамическим характером. В первом случае это земля, песок, небо и т.п., во втором – растительность со свойственной ей способностью изменять цвет в зависимости от времени года. Результаты этого анализа позволили выявить зависимость цветового преобладания определенных оттенков от времени года. (таблица 1).

Табл. 1. Преобладающие цвета в разное время года для ул. Ленина, г. Орел.

Времена года	$\geq 50\%$	$\leq 50\%$ и $\geq 10\%$	$\leq 10\%$
Зима	Оттенки голубого, серого, белый, серо-голубой	Темно-коричневый, бежевый	Зелёный
Весна	Желтовато-зеленый, голубой, белый, тёплые оттенки зелёного	Серый, коричневый	Насыщенные оттенки оранжевого, красного, жёлтого
Лето	Оттенки зелёного, жёлтого, красного, синий, белый	Голубой	Серый, оттенки коричневого
Осень	Оттенки оранжевого, жёлтого, красного, коричневый, охристые оттенки	Серый, зелёный	Белый

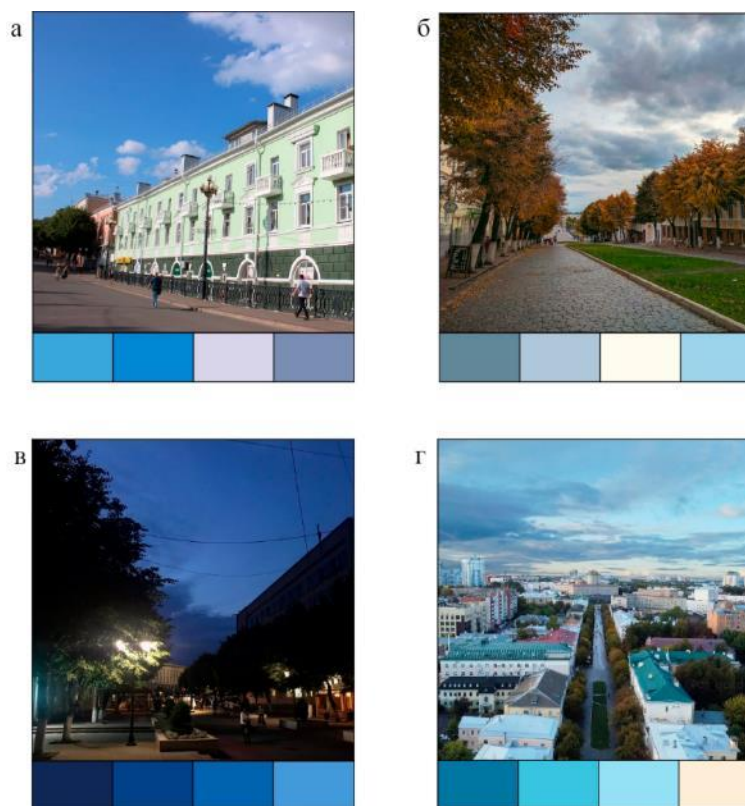
Визуальный анализ наглядно демонстрирует, что в зимний период для Орла характерны холодные серо-голубые оттенки (снежный покров, небо), с незначительными вкраплениями зелёного цвета (хвойные деревья), осень – пора красного, оранжевого и жёлтого цветов (насыщенные цвета кроны деревьев). Оттенки лета – доминирующий зелёный, а также акцентные пятна – красных, желтых, оранжевых оттенков цветения, характерных для Среднерусской возвышенности. Весенняя палитра определяется более нежными оттенками зелёного и голубого, с вкраплениями серого и коричневого (рисунок 2).



а - зима, б - весна, в - лето, г - осень

Рис. 2 Раскладка цветов характерных для разного времени года

В ходе колористического анализа были определены цвета, которые неизменно присутствуют на колористической карте, однако меняют свои характеристики в зависимости погодных условий и времени суток [7]. В качестве примера приведены цвета Орловского небосвода, который в разные времена года может быть холодным серо-голубым, ярко-голубым и т.д. (рисунок 3).



а - небо летом днём; б - небо осенью в пасмурную погоду; в - небо ночью летом; г - небо поздней весной на закате

Рис. 3 Оттенки цвета неба в городе Орле в разное время года и разное время суток

В результате первоначального аналитического этапа проектирования колористического образа улицы Ленина в городе Орле была получена предварительная палитра цветов, в которой отражены цвета характерные как для Среднерусской возвышенности в целом, так и для города Орла в частности (рисунок 4).

	К	К-О	О	О-Ж	Ж	Ж-З	З	С-З	С	С-Ф	Ф	Ф-К	
Светлые													
Средние													
Темные													

Рис. 4. Цветовая палитра – результат аналитического этапа проектирования.

Палитра включает в себя мягкие цвета, которые предполагается использовать для больших поверхностей и насыщенные цвета, предназначенные для выделения отдельных элементов здания и расстановки акцентов в городской среде. Полученная палитра может быть использована для дальнейшего проектирования и совершенствования цветовой среды улицы Ленина в городе Орле Орловской области [7].

ВЫВОДЫ

Изучение теорий колористического проектирования и результатов реализованных колористических проектов, а также экспериментальная работа по применению полученной информации в целях разработки колористического проекта фрагмента исторической среды (на примере ул. Ленина), позволяют сделать следующие выводы:

Проектирование и совершенствование цветовой среды исторических городов невозможно без аналитического этапа проектирования. В ходе аналитического этапа проектирования необходимы сбор, изучение и систематизация данных 1) об историческом городе в целом; 2) о цветовых характеристиках наиболее часто используемых строительных и отделочных материалов, в том числе и ретроспективный анализ с выявлением характерных зон; 3) о процессе цветовой эволюции исторического города; 4) о влиянии природно-климатических факторов на колористический образ города (ландшафт, флора, сезонные изменения колористики, преобладающие цветовые оттенки и т.п.).

Необходима дальнейшая научно-исследовательская работа в области совершенствования методов проектирования цветовой среды городов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефимов А.В., Панова Н.Г./Архитектурная колористика и пластические искусства / - Москва: БуксМАрт, 2018. - 423 с.; ISBN 978-5-6040055-0-7.
2. Иттен Йоханнес / Искусство цвета; [пер. с нем. Л. Монаховой]. – 14-е изд., Москва: Д. Аронов, 2021. – 96с; ISBN 978-5-94056-050-0.
3. Пространство, время, архитектура / З. Гидион; Сокр. пер. с нем. М. В. Леонене, И. Л. Черня. - 3-е изд. - Москва : Стройиздат, 1984. - 455 с.
4. Ефимов А.В., Панова Н. Г. Из опыта проектирования колористики исторических городов // АМІТ. 2016. №4 (37). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/iz-opyta-proektirovaniya-koloristiki-istoricheskikh-gorodov> (дата обращения: 08.12.2023).
5. Краснощёкова, С. Д. Орёл торгово-купеческий // Краеведческие записки. Из сословной истории Орловской области. — Орёл: Вешние воды, 2010. — С. 19—155. — 304 с. — ISBN 978-5-87295-253-4
6. Особенности формирования колористической среды исторических городов (на примере ул. Ленина, г. Орёл) / / И.А. Миронова, Д.В. Проворова, В.И. Текина // Безопасный и комфортный город. V международная научно-практическая конференция, Орел, 06.06.2022 - 08.06.2022. - Орел: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2022. - С.184-189. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49351520> (дата обращения 08.12.2023)
7. Базовые аспекты совершенствования цветовой среды исторического города на примере ул. Ленина г. Орел / И.А. Миронова, О.И. Ширяева // Безопасный и комфортный город, Орел, 21.03.2023 - 23.03.2023. - Орел, 2023. - С.336-343. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54617088&pff=1>. (дата обращения 09.12.2023)

ТЕНДЕНЦИИ «ЗЕЛЁНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА» – ФУНДАМЕНТ РЕАЛИЗАЦИИ ФАКТОРОВ КОМФОРТНОСТИ СОВРЕМЕННОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Д.Е. Пылёва

*ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет»,
634003, Сибирский федеральный округ, Томская область, г. Томск, пл. Соляная, д. 2,
ООО «Сибиряк-Проект»,
pyleva24@mail.ru.*

Аннотация

В рамках данной статьи рассматриваются тенденции «зелёного строительства» как фундамента реализации факторов комфортности современной городской среды. Предметом исследования является комфортная среда Красноярска. Исследование направлено на выявление «узких» мест в реализации факторов комфортности современной городской среды Красноярска, а также в выявлении роли тенденций «зелёного строительства» в указанном процессе. Целью настоящей статьи является анализ тенденций «зелёного строительства» как фундамента реализации факторов комфортности современной городской среды на примере Красноярска. В качестве методов исследования использованы методы математической статистики при обработке статических данных индексов оценки комфортности современной городской среды, представленных в открытых источниках, а также методы сравнительного анализа полученных результатов с показателями других городов-миллионников (Омска, Новосибирска, Екатеринбурга, Москвы). В результате исследования сделан вывод о большой роли тенденций «зелёного строительства» в структуре факторов реализации комфортности современной городской среды, а также сформулированы предложения по повышению комфортности среды Красноярска. Особое внимание предлагается уделить промышленной экологии города.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблематика комфортной среды является актуальной, хотя эта тема, как показывают результаты исследований [1, с. 36] волновала архитекторов еще в античные времена, а сам термин вошел в обиход лишь в семидесятые годы двадцатого столетия. Понятие комфортной среды по-разному толкуется в научной литературе: ученые используют различные подходы, отражающие конкретные аспекты и свойства городской среды. Некоторые авторы рассматривают комфортную среду как совокупность условий жизни и деятельности людей, созданных как природой, так и человеком на определенной территории [2]. Другие подходы подчеркивают роль комфортной среды в жизнедеятельности общества и его развитии [3]. Однако, точного и единого определения термина нет, так как концепция комфортной среды может варьироваться в зависимости от контекста и целей исследования. В связи с указанными факторами возникает потребность определения значения комфортности городской среды на современном этапе развития, анализа факторов её обеспечения и выявления приоритетных тенденций.

Под комфортной городской средой в рамках настоящей работы понимается благоустройство территорий муниципальных образований, в том числе территорий муниципальных образований соответствующего функционального назначения (площадей, набережных, улиц, пешеходных зон, скверов, парков, иных территорий), дворовых территорий [4] путём строительства, благоустройства, огораживания и озеленения элементов городской инфраструктуры для создания комфортных условий для жизни горожан, которые влияют на их здоровье, психологическое состояние и развитие [5]. Современные исследования [6] акцентируют внимание на важности взаимодействия экологических и экономических аспектов комфортной среды как фактора, влияющего на качество жизни: современная архитектурная среда необходимо, чтобы была не только удобной, но и привлекательной, безопасной и эффективной. Только в этом случае

комфортная среда становится фактором качества жизни и становится важным аспектом устойчивого развития территории. Тем не менее, в работах зарубежных исследователей [7] подчёркивается, что акцент делается на экологичности, которая приоритетнее экономического компонента: целью комфортной среды должно быть развитию застроенной среды и пространств в соответствии с принципами устойчивого развития на основе архитектурной, исторической и экологической диагностики с учетом направлений проекта устойчивого планирования и развития местного градостроительного плана, для обеспечения архитектурного качества существующих и будущих сооружений, а также планировки общественных пространств.

Одной из основных целей зелёного строительства является создание экологически чистых зданий, которые благоприятно влияют на здоровье и общее благополучие людей, проживающих или работающих в них. Одним из ключевых критериев для зданий зеленого строительства является энергетическая эффективность, достигаемая благодаря лучшей теплоизоляции, что позволяет сократить потери энергии, а также использование альтернативных методов производства энергии, таких как солнечные панели или ветряные турбины. В конечном итоге, цель состоит в создании зданий с положительной энергией — т.е. способных производить больше энергии, чем потребляют. Концепция энергетического перехода основана на идее, что технологии представляют собой решения, которые позволят обществам преодолеть проблемы в производстве и потреблении энергии. В строительной сфере это привело к ускоренному поиску технологических решений, таких как улучшенная изоляция, инновационные материалы и оборудование, которые обеспечивают строительство с низким энергопотреблением и даже с положительной энергией. Однако, технологический подход учитывает лишь одну сторону энергетического перехода, не обращая внимания на изменения в поведении и привычках конечных пользователей зданий. Несмотря на предполагаемую экономию энергии, люди по-прежнему могут сохранять свои привычные образы потребления, иногда даже увеличивая ресурсоемкость своих действий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе организации эмпирического исследования определены факторы комфортной городской среды, которые условно можно разделить на две группы: внутренней среды (капитальности, гигиеничности, функциональности и безопасности) и внешней среды комфортности (прилегающие пространства, улично-дорожная сеть, озеленённые пространства, общественно-деловая и социально-досуговая инфраструктура, а также общегородское пространство). Затем проведен анализ комфортной среды на основе индекса качества городской среды [8] города Красноярск в сравнении с другими городами-миллионниками: Омском (максимально приближен к Красноярску по числу жителей), Екатеринбургом и Новосибирском (в указанных городах на треть больше жителей, чем в Красноярске), а также Москвой (данный город был выбран, исходя не из численности жителей, а исключительно с позиций своего рода ориентира, поскольку данный город является столицей России, то и работа по созданию комфортной городской среды в указанном городе осуществляется на принципиально ином уровне). Затем полученные результаты оценки комфортности городской среды были сопоставлены с результатами индекса экологической оценки по данным общественной организации «Зелёный патруль».

Основными используемыми в ходе написания настоящей статьи методами стали методы сравнительного анализа и математической статистики (на стадии обработки результатов).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты сравнительной оценки степени комфортности городской среды Красноярска и других городов по результатам 2022 года представлены в таблице 1.

Табл.1. Данные по сравнительной оценке степени комфортности городской среды Красноярска и других городов-миллионников в 2022 году

Город/ инфраструктура	Красноярск	Новосибирск	Омск	Екатеринбург	Москва
Тыс. чел	1103	1621,3	1126,2	1493,6	12635,5
Жилье и прилегающее пространство	33	29	28	42	49
Улично-дорожная часть	34	28	27	44	47
Озелененные пространства	26	33	16	24	42
Общественно-деловая инфраструктура и прилегающие пространства	31	35	25	24	53
Социально-досуговая инфраструктура и прилегающие пространства	35	37	28	35	51
Общегородское пространство	42	42	30	40	57
Всего баллов	201	204	154	209	299

Как видно из таблицы 2, по результатам 2022 года Красноярск среди находится на четвертой позиции, и в этом отмечается стабильность достигнутых показателей, поскольку аналогичная тенденция наблюдается в 2020-2021 гг. Красноярск опережает Екатеринбург по двум показателям (общегородское пространство, общественно-деловая инфраструктура и прилегающие пространства); также данные города получили одинаковую оценку по критерию социально-досуговой инфраструктуры и прилегающего пространства. Если сравнивать Красноярск и Новосибирск, то можно отметить преимущества комфортности среды Красноярска по показателям «жилье и прилегающее пространство», «улично-дорожная часть». Кроме того, данные города получили одинаковую оценку по показателю общегородское пространство. Также необходимо отметить рост числа жителей города Красноярска – по численности населения город догоняет в 2022 году Омск.

Далее были проанализированы результаты экологического рейтинга «Зелёный патруль», в рамках которого оцениваются природоохранный, социально-экологический и промышленно-экологический индексы. Затем на их основе рассчитывается сводный индекс. Данные считаются по сезонам. Результаты оценок рассматриваемых в рамках настоящей статьи территорий по результатам 2022 года представлены в таблице 2, где использованы аббревиатуры для облегчения записи и кодификации данных: природоохранный индекс – ПОИ, социально-экологический индекс – СЭИ, промышленно-экологический индекс – ПЭИ, сводный индекс – СИ.

Табл. 2 Анализ составляющих оценки экологического рейтинга «Зелёный патруль» по городам-миллионникам в 2022 году

Наименование города	Зима				Весна				Лето				Осень			
	ПОИ	СЭИ	ПЭИ	СИ	ПОИ	СЭИ	ПЭИ	СИ	ПОИ	СЭИ	ПЭИ	СИ	ПОИ	СЭИ	ПЭИ	СИ
Красноярск	35	65	46	49	35	66	46	50	36	68	47	52	36	69	48	52
Новосибирск	47	67	49	56	47	68	50	57	47	69	51	57	47	70	51	58
Омск	35	62	47	48	35	63	48	49	35	65	48	50	35	66	50	51
Екатеринбург	36	60	49	49	35	62	51	50	35	63	51	50	35	65	53	52
Москва	37	86	73	72	37	87	74	73	38	88	74	74	39	88	74	75

По природоохранному индексу Красноярск, наряду с Омском и Екатеринбургом, занимает низкие строчки рейтинга, по социально-экологическому индексу Красноярск в 2022 году продолжает упрочнять свои позиции и достигает значений Новосибирска по рассматриваемому показателю. По промышленно-экологическому индексу в 2022 году Красноярск продолжает демонстрировать худший показатель среди всех рассматриваемых территорий. По сводному индексу экологической оценки в 2022 году Красноярск вместе с Екатеринбургом занимают третью позицию в рейтинге из рассматриваемых городов-

миллионников, уступая только Омску. Лидерами рейтинга в 2022 году по-прежнему являются Москва и со значительным отрывом Новосибирск.

Таким образом, Красноярск по экологической составляющей комфортности среды находится на одном уровне с Екатеринбургом, значительно уступая Москве и Новосибирску. При разработке предложений по повышению комфортности городской среды Красноярска важно уделить внимание промышленной экологии.

Оценка степени комфортности городской среды и экологического рейтинга показывает, что Красноярск и другие города-миллионники имеют низкие показатели по природоохранному индексу, что указывает на необходимость улучшения экологии в городах. Технологии «Зеленого строительства», включая использование энергоэффективных материалов, устойчивое планирование городских территорий, создание озелененных пространств и внедрение возобновляемых источников энергии, могут помочь улучшить экологическую ситуацию в городах. Они также способствуют созданию более комфортной городской среды для жителей, обеспечивая чистый воздух, зеленые зоны для отдыха и снижение уровня шума и загрязнений. Данные по сравнительной оценке комфортности городской среды и экологического рейтинга показывают, что необходимо уделить особое внимание экологической составляющей при разработке стратегий по улучшению комфортности городской среды. Технологии «зелёного строительства» могут быть ключевым инструментом в достижении этой цели, поскольку они способны содействовать улучшению экологии городов и созданию более комфортной городской среды для всех.

ВЫВОДЫ

Исходя из представленных данных, можно сделать вывод о том, что тенденции «зелёного строительства» имеют прямое влияние на комфортность городской среды. Компоненты «зелёного строительства» включены в такие показатели комфортности, как создание озелененных пространств, улучшение общественно-деловой и социально-досуговой инфраструктуры, способствуют повышению уровня комфортности городской среды. Из представленных в рамках настоящей статьи данных видно, что города с более высокими показателями озелененных пространств и общественно-деловой инфраструктуры получают более высокие оценки комфортности городской среды. Например, Красноярск, который имеет низкие показатели природоохранного индекса, демонстрирует улучшение позиций по социально-экологическому индексу, что может быть связано с продвижением технологий «зелёного строительства» и общественных инфраструктурных проектов в городе. Таким образом, технологии «зелёного строительства» могут являться ключевым инструментом для улучшения комфортности городской среды, поскольку они способствуют не только улучшению экологической ситуации, но также созданию благоприятных условий для проживания горожан, улучшению качества жилья, озеленению территорий и созданию мест общественного отдыха.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пипуныров П.В.* Эволюция архитектуры малоэтажного жилища в аспекте биоклиматического подхода к проектированию : диссертация ... кандидата архитектуры : 05.23.20. Саратов, 2011. 200 с.
2. *Нежникова Е.В.* Формирование стратегических приоритетов развития жилищной отрасли на основе создания конкурентоспособных объектов жилищного строительства : диссертация ... доктора экономических наук : 08.00.05. Москва, 2017. 334 с.
3. *Демков Д.В.* Управление спортивной инфраструктурой современного российского мегаполиса : на примере Санкт-Петербурга : диссертация ... кандидата социологических наук : 22.00.08. Санкт-Петербург, 2017. 182 с.
4. Постановления Правительства РФ от 10.02.2017 №169 (ред. от 16.12.2017) «Об утверждении Правил предоставления и распределения субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на поддержку государственных программ субъектов Российской Федерации и муниципальных программ формирования современной городской среды» / Правительство Российской Федерации. Режим доступа: <http://government.ru/docs/all/110427/>. Дата обращения: 04.12.2023.
5. *Геложина Л.М.* Комфортная городская среда: понятие и роль общественного участия в развитии

- городской среды // Экономика и социум. 2021. №9. С. 325-329.
6. Вагнер Е.А. Принципы формирования архитектурной среды общественных пешеходных пространств в контексте сложившейся городской застройки : диссертация ... кандидата архитектуры : 05.23.20. Нижний Новгород, 2018. 157 с.
 7. Pontier J.-M. Aire de mise en valeur de l'architecture et du patrimoine // Dictionnaire Collectivités territoriales et Développement Durabl. 2017. P. 41-43. Режим доступа: <https://www.cairn.info/dictionnaire-collectivites-territoriales-et-develo--9782743022358-page-41> Дата обращения: 07.12.2023.
 8. Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 г. №474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726>. Дата обращения: 07.12.2023.

ПЕЩЕРНАЯ АРХИТЕКТУРА КИТАЯ

Чао Чжоу¹, В.Н. Ткачѳв²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹zc1831867006@gmail.com

²valentintn@mail.ru

Аннотация

С завершением ледникового периода не угасли традиции освоения пещер в функциях жилища, оборонительных и культовых целей. Пещерная архитектура наряду со строительством замков и цитаделей получила распространение в Европе и Азии с незапамятных времен.

В Китае пещерные поселения как буддийские обители и монастыри появляются в начале нашей эры вдоль трасс Великого шелкового пути [1] в горных массивах. Наиболее активно осваиваются крутые склоны или даже вертикальные поверхности скал с VI века, когда в массивах гор с относительно мягкими породами (известняк, песчаник, плотные песчано-глинистые грунты), расположенных скрытно, имеющих выступы и террасы, обладающих высокими эстетическими достоинствами природы, сначала вырубается пещеры-ниши отдельными ячейками и взаимосвязанными комплексами; затем, используя опыт каркасного равнинного строительства, к нишам пристраивали снаружи деревянные павильоны, переходы, лестницы, мостки, навесы.

Различные пространственные комбинации пещерных помещений и пристроек стали основой замечательных сооружений - «висячих храмов» - разнообразных по конструктивному решению и архитектурной выразительности, с расположением в нишах скульптуры, живописи.

Оригинальные по формам композиционной адаптации к рельефу, пещерные монастыри представляют культурно-исторический феномен китайского традиционного зодчества, привлекающий внимание исследователей архитектуры и туристов.

В статье обобщенно рассмотрены основные аспекты, характеризующие пещерные комплексы: выбор места основания, принципиальные пространственные решения, типология объектов, конструктивные приемы и стилистика художественного образа.

Ключевые слова: пещерная архитектура (скальная, прискальная), висячие храмы, типология, опорные конструкции, символика, художественный образ, туризм.

ВВЕДЕНИЕ

Ведущим фактором, определяющим феноменологию китайских пещерных монастырей (ибо они и были основаны в качестве монастырей с минимальными функциями жилища) был синтез исторических обстоятельств эволюции культуры, обозначенный возникновением местных этических учений и религий (конфуцианство, даосизм, буддизм) и сложившейся к началу новой эры практики каркасного строительства, обусловленной сейсмичностью, дефицитом строительного леса, социальными и хозяйственными формами жизни аграрного Китая [2; 3].

Основанные в наиболее безопасных, но все же доступных местах — горах с крутыми и вертикальными склонами, ущельях с рекой, наличием леса, комфортным климатом, мягкими породами основания — монастыри, притягательные для верующих, расширились со временем, «ползли» по стене, приобретали внешние «висячие» пристройки, соединенные галереями и лестницами.

Своеобразная визуализация ансамбля, как-бы спроецированная на вертикальную стену, стала предметом живописных сюжетов живописи го-хуа (рис.1.), породивших в целом эстетику архитектуры пещерных ансамблей, для которых выбирали впечатляющие и

обладающие выразительной символикой горные пейзажи с многоплановыми перспективами, причудливыми утесами, водопадами.

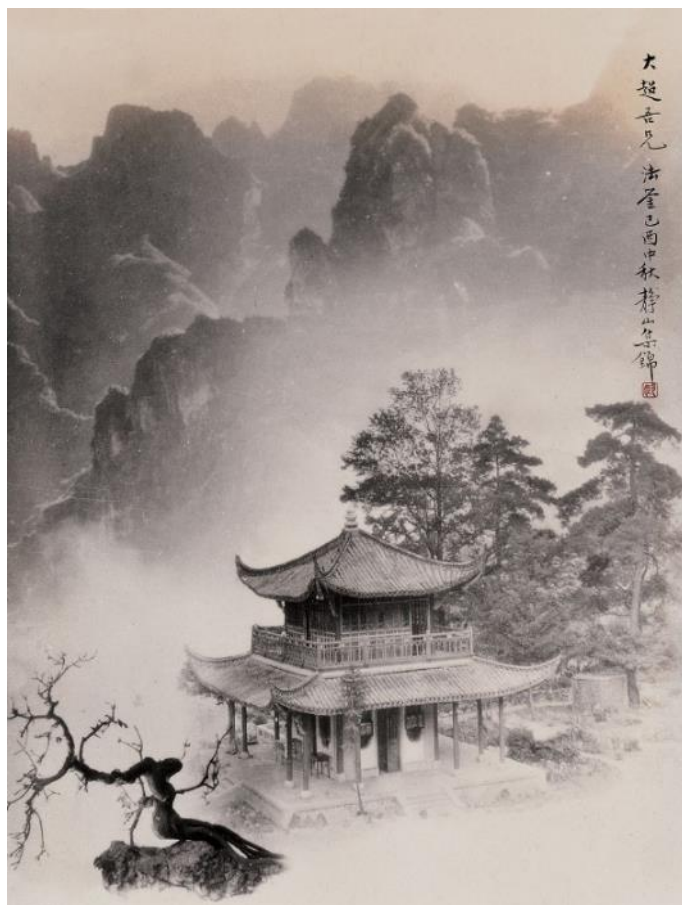


Рис.1. Живопись в стиле Шань-Шуй

Вынесенные на поверхность «фона» каркасные конструкции павильонов опирались на врезанные в массив горы балки (кедровые или лиственничные, иногда дубовые).

Поэтому термин «висячие монастыри» обязан виду дополняющих конструкцию вертикальных тонких стоек, играющих главным образом роль антивибрационных элементов, не допускающих расшатывания горизонтальных балок-кронштейнов.

Наиболее значительные монастыри привлекали к обустройству обители скульпторов и художников, произведения которых были дополнительным аттрактором для визитеров.

Их работы в сохранившихся монастырях свидетельствуют о высоком уровне профессионализма древних и средневековых мастеров. Синтез трех искусств— архитектуры, живописи, скульптуры — привлекает массы туристов, и правительством Китая разрабатываются программы по сохранению и реставрации объектов пещерной архитектуры, нередко устраивая в их окрестностях туристические гостиницы, имитирующие по пространственной организации натуральные висячие храмы, как, например, при монастырском комплексе в долине Вансянь, обновленном уже в XXI веке (рис.2).

Пещерные ансамбли Китая — исключительный, присущий только Китаю феномен эстетического осмысления природного ландшафта, грамотной адаптации к среде рукотворных произведений, не противоречащих базовым этнорелигиозным канонам китайского искусства.



Рис. 2 Гостиничный городок Вансянь

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Побудительным мотивом изучения этого удивительного наследия китайского традиционного зодчества, сложившегося стихийно, но, с другой стороны, в полном соответствии с генеральной линией эволюции национальной культуры, стало ознакомление с изобразительным материалом и историей возникновения и утверждения его в качестве одной из маргинальных форм основного, равнинного, направления китайской архитектуры.

В связи с активизацией работ по изучению, сохранению и реставрации подобных объектов в профессиональной литературе Китая появляются аналитические материалы главным образом по конструктивным решениям опорных частей, их обновлению, облегчению нагрузок, устранению элементов, утративших прочность и эстетические качества.

Специальное исследование темы пещерных монастырей Китая в русскоязычной профессиональной печати проводится впервые.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Типология пещерных комплексов.

Первым объектом освоения были естественные гроты и пещеры в карстовых выемках, промоинах в слежавшемся песчаном грунте, плотном песчанике, которые с небольшими доработками можно было приспособить под нужды обитания.

Первые монастыри, различные по своей религиозно-этической догматике, создавались отдельно. Со временем укрупняющиеся монастыри синтезировали все направления социального мировоззрения Китая. Так, монастырь Сюанькун-сы на горе Хэншань (провинция Шеньси), основанный в V веке [4], сейчас совмещает все три направления(рис.3.)



Рис.3.«Висячий» монастырь Сюанькун-сы

С точки зрения пространственной организации он представляет наиболее развитый по внешней застройке комплекс, отразивший длительную историю своего существования как религиозного ансамбля.

Замечательный образец виртуозного владения исходным материалом (горой с заглубленной естественной нишей) представлен комплексом Ганлу XII век (провинция Фуцзянь), застройка которого каскадом выступает из прикрытой скалой ниши, и демонстративно опирается на единственную опору внизу. (рис.4.). «Ползучие» пещерные храмы представлены комплексом Майцзишань, основан в IV веке [5] (округ Тяньшуй), насчитывающий 194 грота, которые были наполнены скульптурой и украшены фресками (рис.5.).

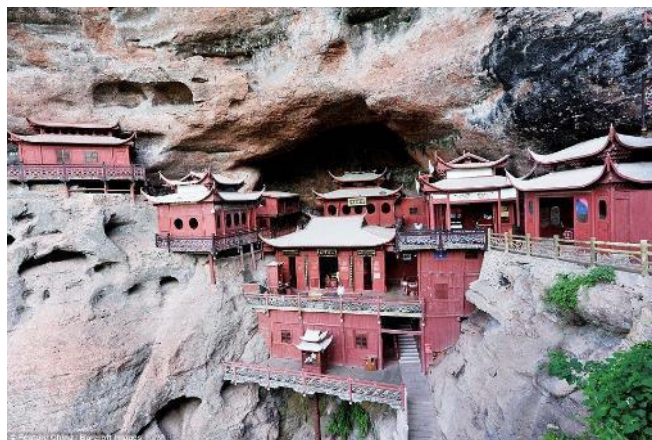


Рис.4. Монастырский ансамбль Ганлу.



Рис.5. Королевские гроты Майцзишань

Многие пещерные комплексы, доступные с уровня земли, со временем обустраивались входными храмами с многоярусными крышами (тип лоу). К ним относится, в частности, комплекс гротов Юньган, осваиваемых с III века (провинция Шеньси) [6]. В его 252 нишах, вытесанных в песчанике, собрано в общей сложности более 50 000 статуй разного размера (рис.6.). А также пещеры Могао комплекса Цяньфодун в окрестностях Дуньхуана (провинция Ганьсу), насчитывающие почти 500 святилищ, украшавшихся с IV по XIV вв. великолепной фресковой живописью на религиозные и бытовые сюжеты [7], (рис.7.).



Рис.6. Юньган, приставные храмы



Рис.7. Скульптура и пещерная живопись Могао. Дуньхуан

Самый грандиозный и загадочный по технологии создания пещерный комплекс Китая — расположенный в 12 км от Лояна, столицы многих китайских империй, протянувшийся по обеим берегам реки Ихэ ансамбль из более чем 2000 пещер, наполненных 100.000 изображений Будды. Главный грот «Ворота дракона» открывается на реку лестницей и площадкой, обрамленной каре из гигантских статуй, не уступающих по масштабу статуям поминального храма Рамзеса II; центральная имеет высоту 17 м. (рис.8.). Удивительно то, что совершенно неизвестно, каким образом были высечены в массиве горы объемные пещеры ансамбля, интерьер которых украшен рельефами. Не сохранилось никаких следов работ по выемке грунта, а также способов освещения этих работ [8].

Скальные останцы, сохранившиеся после отступления древнего моря с материка, с выдумкой очеловечены китайскими мастерами. Сдвоенные скальные столбы у горы Датун (провинция Гуйчжоу), поднимающиеся на высоту 75 м, оформлены храмами Будды и Майрейи (Будды грядущего), соединенными Мостом дракона; на вершину ведет утомительная лестница (рис.9.).



Рис.8. «Ворота дракона» - главный грот монастыря Лунмэнь



Рис.9. Гора Датун. Храмы Будды и Майтрейи.

Совершенно необычный феномен китайской ландшафтной архитектуры — стоящий на двух тонких опорах тяжелый скальный массив, на вершине которого сооружен храм.

Перечисленными примерами не ограничивается коллекция оригинальных решений по овладению вертикальными ландшафтами как основаниями для сооружений, вызывающих удивление необычностью и живописностью образа.

Своими «парящими» силуэтами они значительно отличаются от надежно закрепленных в основании тибетских горных монастырей — например, бутанский монастырь «Логово тигрицы» (Такцанг-Лакханг), устроенный на выступающей из скалы ступенчатой террасе (рис.10.).



Рис.10. Бутанский монастырь «Логово тигрицы»

В образцах пещерной архитектуры, реализовавших стихийно сформировавшиеся вкусы строителей, не следует искать некоего стилистического канона образности, которая складывалась за длительное время существования комплекса. Есть примеры неудачного вмешательства в сложившиеся комплексы. К храмам в долине Вансянь (ущелье над рекой) добавили типовые домики гостиницы, не сообразованные стилистически со сложившейся застройкой. Комплекс Тайцзишань со скульптурами в нишах получил пристройку в виде храма. Крупные ниши, со скульптурами, доступными для вандалов, пострадали во время бесчинств хунвэйбинов — китайских талибов.

Основная внешняя застройка и внутренние пространства пещер дополнялись элементами инфраструктуры: лестницами, прилегающими к поверхности скалы, переходами, навесами, лотковыми водоотводами, собирающими воду, промежуточными площадками...

Каменный пейзаж — излюбленная тема китайского искусства — в китайских садах, живописи го-хуа, и «висячей» архитектуре.

Это пристрастие реализуется в композициях ландшафтной архитектуры с каменными экспозициями. Таковы рискованные композиции двойной вертикали скалы-горы Фаньцзин с храмами Будды. Зрелище храма на вершине стоящего среди моря утеса на двух тонких ножках просто пугает.

Комплекс Майцзишань (провинция Ганьсу) — поставленное «вертикально» изображение действующего поселения с многочисленными обитаемыми нишами, переходами, лестницами, врезанными в массив горы рельефами, существующими с IV века. Здесь со временем коммуникационные трассы из деревянных настилов были заменены надежными металлическими конструкциями [5].

2. Конструкции.

Для поддержки «висячих» храмов устраивают горизонтальные балки-кронштейны, вставленные в массив горы. Материал балок: даурская лиственница, корейский кедр, дуб — материалы, обладающие высокой твердостью. Для предотвращения гнили и защиты от паразитов балки пропитывали ядовитым маслом тунгового дерева, быстро засыхающего на воздухе [9].

Не избегали и возможности установки павильонов на выступы или заменявшие их каменные стены контрфорсы в виде диафрагм, поставленных поперек склона. Кронштейны могут быть подстрахованы наклонными подпорками. Длинные сосновые жерди,

«подпирающие» прискальные сооружения, чаще обходные галереи, создавали видимость страховки, но на самом деле погашали вибрацию во время сейсмических толчков.

Конструкции павильонов выполнялись в каркасе подобно равнинным сооружениям, но без заметных мероприятий по их облегчению, хотя бы замене черепичной кровли.

Только в настоящее время при работах по реконструкции навесных сооружений применяют стальной профилированный лист и ПХВ-утеплитель [10].

3. Композиционно-художественные аспекты

Китайской эстетикой в рамках исторически сложившихся учений конфуцианства, даосизма и буддийской религии разработана целая система канонов и требований к художественным качествам объектов искусственной среды, встроенных в живую природу.

Для китайского эстета живая природа и ее составляющие суть объемная интерпретация плоскостной живописи — то есть причинно-следственная связь здесь обратна: композиционные находки живописи проецируются на локализацию объемной архитектуры. И «висячие» ансамбли наиболее подходящий объект для такой ментальной инверсии.

В любом художественном произведении существует как генеральная идея концепция «дао, выражающего основную философскую веру в порядок и гармонию в природе» [11].

Каждое поколение художников и архитекторов по-своему углубляло процесс постижения дао, которым на практике реализовался первый закон живописи (циюнь шэндун)— передача одухотворенного ритма живого движения, но не напрямую, а через систему символов и ассоциаций, понятных профессионалам, как и каноны фэн-шуй.

Их раскрытие не входит в программу данной статьи. Ограничимся пока европейской точкой зрения на эстетическую оценку объектов пещерной архитектуры Китая.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ВЫВОДЫ.

1. Как объект исследования пещерная (скальная, висячая) архитектура Китая представляет культурный феномен истории, выявляющий единство эволюции цивилизации этой страны и дополняющий ресурс наших знаний о специфике морфогенеза китайского традиционного зодчества в связке с развитием других областей художественной жизни страны

2. С расширением культурных контактов Китая со странами, где формируется интерес к национальному достоянию этого крупнейшего очага цивилизации мира, активизируется на государственном уровне деятельность по восстановлению, поддержке объектов этого вида зодчества, что может составить немалую часть дохода от туристического бизнеса, и, конечно, способствовать углублению международного взаимопонимания.

3. Концентрированное изложение специфической информации по разделу пещерных ансамблей китайской архитектуры способствует пополнению наших знаний в этой области, пониманию основ мировоззрения народа соседней страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевченко М.Ю. История архитектуры и градостроительства Китая / М.Ю.Шевченко.— М.: Архитектура-С, 2019.— 480 с.
2. 梁思成全集 (Лян Сычэн. Полное собрание трудов в 9 т. —т.7.)— Пекин, 2001.— 524с.— с.158.
3. 马炳坚 中国古建筑木作营造技术 (Ма Бинцзянь. Техника возведения деревянного каркаса в древнекитайской архитектуре).— Пекин, 2003.— 353с.
4. 悬空寺 висячий монастырь Сюанькун-сы. <https://www.163.com/dy/article/G7KGDCQR0521BMH5.html> o
5. Wei Wenbin. Mainishan Shi Ku Jige Wenti de Sikao he Renshi (Several considerations on the study of Maiji Mountain Grottoes) Dunhuang studies, 2003, № 6, pp. 15-22.
6. Margaret Cung. Yungang. Oxford University Press, 2016.
7. Михеева А.М. Пещеры Могао // Актуальные вопросы региональных и международных исследований: сборник научных трудов к юбилею кафедры Международных отношений и религиоведения.— Новосибирск, 2015.— с.136-139.
8. 龙门石窟 Пещерный монастырь Лунмэнь. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/613552680>

<https://zh.wikipedia.org/wiki/龙门石窟>

9. 设计和施工。加固古老的石墙结构. 周红阳. Проектирование и строительство. Армирование древней каменной стеновой конструкции. Хуньянчжоу
10. 建筑材料。屋顶 Строительные материалы. Кровли.
11. *Завадская Е.В.* Эстетические проблемы живописи старого Китая / Е.В.Завадская—М.: Искусство, 1975.—439 с.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СФЕРЕ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ СРЕДЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Н.А. Самойлова¹, И.В. Москаленко²

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹Центральный научно-исследовательский и проектный институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (ЦНИИП Минстроя России); г. Москва, Россия,

²Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК); г. Москва, Россия,

¹*SamoylovaNA@mgisu.ru*

²*IgorMos@mail.ru*

Аннотация

В целях достижения устойчивого развития территорий в сложившемся историческом контексте на современном этапе развития сквозных цифровых технологий для регулирования среды жизнедеятельности в градостроительстве актуальным является знание градостроителями основ применения искусственного интеллекта в сфере градостроительства. Особенно актуально знание таких основных положений для совершенствования образовательного направления подготовки кадров по специальности «Градостроительство». Проведены изучение, обобщение и анализ международных программных документов, научно-практический обзор информации по теме искусственного интеллекта в сфере градостроительства для регулирования среды жизнедеятельности. Обобщены и сформулированы основные положения применения искусственного интеллекта (ИИ) в сфере градостроительства для регулирования среды жизнедеятельности в России. Представлены основные проблемы, затрудняющие такое применение ИИ и обозначены перспективные направления его развития в градостроительстве.

ВВЕДЕНИЕ

Среда жизнедеятельности человека многогранна и исследуется во многих областях научных знаний: естественных, технических, медицинских, сельскохозяйственных, общественных и гуманитарных наук. Сфера градостроительства, по сути, междисциплинарна, так как осуществление деятельности в этой сфере является одновременно и техническим и политическим процессом, связанным с благосостоянием людей, контролем за использованием земли, проектированием среды жизнедеятельности (включая здания и сооружения, в т.ч. инженерные, транспортные и коммуникационные сети), а также с защитой и охраной природных ресурсов, объектов культурного наследия. В обобщенном виде специалист «Градостроитель» является медиатором по конкретному направлению в сфере градостроительства (содержательному разделу градостроительного документа⁴ или любому уровню вида градостроительного документа) - это исследователь, разработчик, специалист по подготовке материалов и данных для разработки и обоснования градостроительной документации.

⁴ Здесь и далее градостроительные документы - правовые формы документов, установленные Градостроительным кодексом Российской Федерации: гл. 3–5; гл. 6 (в случаях, установленных ст.48). В зависимости от целей и задач, которые преследует реализация градостроительных документов, их содержание касается двух основных сфер деятельности: 1) трансформация различных территорий, в т.ч. земельных участков: новое строительство, реновация, регенерация (реконструкция, реставрация и др.), ревитализация, рекультивация; 2) определение порядка (правил), регламентирующих градостроительные преобразования в конкретных (градостроительных) границах территориального объекта.

В современной России информационные системы обеспечения градостроительной деятельности⁵ (государственная информационная система для обеспечения градостроительной деятельности Российской Федерации - ГИСОГД⁶, Федеральная государственная информационная система территориального планирования Российской Федерации - ФГИС ТП РФ⁷, Федеральный портал пространственных данных - ФППД⁸ (в т.ч. Единая электронная картографическая основа – ЕЭКО⁹) и др.¹⁰) постоянно совершенствуются для повышения эффективности обработки количественных и качественных данных и в то же время для минимизирования предвзятости и негативных социальных последствий при регулировании среды жизнедеятельности путем принятия градостроительных решений.

К настоящему времени накоплено множество научно-прикладных моделей градостроительных трансформаций на территории. Такие модели поддаются анализу как в формализуемых и алгоритмизируемых задачах, которые изначально ограничены данными (релевантные факторы и критерии выбора, допущения в моделировании), так и в неформализуемых и не алгоритмизируемых задачах, которые технически возможно решить с помощью передовых технологий с использованием искусственного интеллекта¹¹[2,3]. Технологический феномен искусственный интеллект (AI, далее также - ИИ) на основе данных Интернета вещей (IoT) производит многогранную информацию в среде жизнедеятельности человека практически неисчислимой широты и глубины. Важно определить основные положения применения искусственного интеллекта в сфере градостроительства для регулирования среды жизнедеятельности; как передовая технология ИИ поможет в сфере градостроительства. При этом применение ИИ в сфере градостроительства для регулирования среды жизнедеятельности должно происходить в соответствии с законодательством и учетом местных особенностей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Последовательность выполнения исследования основана на ФНИР 2021 - 2023 гг. по теме: «Формирование научных основ создания системы поддержки принятия градостроительных решений»¹² и ФНИР 2024 - 2025 гг. в части концептуальных основ применения искусственного интеллекта в сфере градостроительства для регулирования среды жизнедеятельности. Для проведения исследования проведены изучение, обобщение и

⁵ В основе информационных систем ГИС, СУБД, ЭАР, СКК, СМЭВ, веб-портал [1].

⁶ "Стройкомплекс.РФ" - единая государственная информационная система обеспечения градостроительной деятельности, которая введена постановлением Правительства РФ от 26.08.2023 № 1389, с 2023 года на сайте Минстроя России (<https://stroj.gov.ru>)

⁷ ФГИС ТП РФ с 2013 года на сайте Минрегиона России, с 2015 года на сайте Минэкономразвития России (<https://fgistp.economy.gov.ru>)

⁸ ФППД, введен Федеральным законом РФ от 30.12.2021 № 449-ФЗ в статьи 18_1 и 19 Федерального закона "О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 30.12.2015 № 431-ФЗ, с 2022 года на сайте Роскадастра (<https://portal.fppd.cgkipd.ru>)

⁹ Создание и обновление ЕЭКО осуществляет с 2022 года ППК «Роскадастр» для публичной кадастровой карты (сайт <https://pkk.rosreestr.ru>). Порядок и способы предоставления заинтересованным лицам сведений ЕЭКО, утверждены постановлением Правительства РФ от 15.12.2016 № 1370.

¹⁰ Федеральная информационная система стратегического планирования на базе государственной автоматизированной информационной системы "Управление", которая введена постановлением Правительства РФ от 25.12.2009 № 1088, с 2016 года на специальном сайте (<https://gasu.gov.ru/stratplanning>)

¹¹ Например, на сайте международного лидера в области ГИС-технологий - компании ESRI, имеется информация о новых разработках GeoAI - ГИС с ИИ (<https://www.esri.com/en-us/capabilities/geoai/overview>, <https://www.esri.com/en-us/artificial-intelligence/overview>, <https://landing-geoai.hub.arcgis.com/>, <https://www.esri.com/content/dam/esrisites/en-us/media/ebooks/artificial-intelligence-ebook.pdf> (Putting AI and Location Intelligence to Work e-Book), <https://cloud.mail.ru/stock/6A9pjcGb5dUcj5gYBwXx3bpX>, [artificial-intelligence.pdf](https://cloud.mail.ru/stock/6A9pjcGb5dUcj5gYBwXx3bpX) (The rise of AI and location intelligence).

¹² ЕГИСУ НИОКТР рег. № 121110900122-6 от 09.11.2021

анализ подробных сведений общемировых тенденций применения искусственного интеллекта в сфере градостроительства для регулирования среды жизнедеятельности. Рабочая гипотеза исследования состоит в том, что в результате систематизации международных и отечественных программных документов, научных трудов и прикладных программных разработок будут кратко сформулированы основные положения применения ИИ в сфере градостроительства для регулирования среды жизнедеятельности в России с учетом исторического контекста, сложившейся системы образования и актуальных проблем в сфере градостроительства.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Организация Объединённых Наций по промышленному развитию, ЮНИДО (UNIDO - United Nations Industrial Development Organization)¹³ около 10 лет назад отнесла термин «Smart City»¹⁴ к сфере информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в части поддержки устойчивого развития городов [4]. Города сталкиваются с проблемой одновременного решения проблем их конкурентоспособности и устойчивого развития.

О возрастающем значении более гибких совместно используемых баз данных и знаний, способных учитывать активное влияние цифровой экономики в различных отраслях в 2020 году зафиксировано в Справочнике по цифровому регулированию, подготовленном Всемирным банком и Международным союзом электросвязи (МСЭ) в виде схемы (рисунок 1).



Рис. 1. Схема: смена поколений регулирования и ИКТ от G1 к G5 [5]

МСЭ разработал комплексную модель оценки изменений в сфере регулирования, позволяющую отслеживать смену поколений регулирования. Следующее поколение 5 (G5 - collaborative regulation with metrics-backed decision making¹⁵) "рассматривается как дополнение к предыдущим поколениям" [5]. При этом количественные показатели для поколений 1–4 определяются с помощью инструмента отслеживания нормативно-правовой базы в области ИКТ (ICT Regulatory Tracker), а для определения показателей G5 используется ИИ.

Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР/OECD) также рекомендует "согласовывать политику в области цифровой трансформации между всеми политическими сферами и субъектами, затронутыми цифровой трансформацией". При этом признается отсутствие универсальных управленческих решений: «управление надлежит адаптировать к институциональным возможностям и регуляторной культуре каждой страны, принимая во внимание тот факт, что эти структуры продолжают изменяться в будущем» [5]. Для перехода к G5 необходимо внедрение адаптивного регулирования, а

¹³ миссия UNIDO изложена в Лимской декларации, принятой на 15 сессии Генеральной конференции ЮНИДО в 2013 году, заключается в содействии и ускорении инклюзивного и устойчивого промышленного развития (ISID)

¹⁴ В России «Умный город» - ведомственный проект Минстроя России, концепция которого утверждена приказом Минстроя России от 25 декабря 2020 г. № 866/пр - URL: <https://russiasmartcity.ru/>

¹⁵ «совместное регулирование с принятием решений на основе метрик», перевод авторов с примечанием: метрики в ИИ включают обработку различных цифровых данных.

именно гибкого отраслевого законодательного регулирования, быстро реагирующего на изменения в сфере технологий, услуг и рынков, что позволит органам публичной власти выступать в качестве координаторов этого регулирования. В России идет осознание необходимости перехода к G5, имеются сложности не только с принятием комплексных цифровых стратегий, а с тем, что помимо этих мер также может потребоваться дальнейшее реформирование основополагающих систем и структур¹⁶. Для того чтобы не упустить возможности в области развития ИКТ и не допустить отставание от тех стран, которые уже обеспечили внедрение инноваций и интеграцию ИКТ в социально-экономическую политику, на государственном уровне принимаются программы¹⁷ и решения. Такие решения подкрепляются научными исследованиями и внедряются в образовательную систему для подготовки кадров для отраслей экономики, в т.ч. в сфере градостроительства.

В паспорте Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» определены основные меры государственной политики России по созданию данных в цифровом виде как фактора производства во всех сферах социально-экономической деятельности, что повышает конкурентоспособность страны и качество жизни граждан и создает условия повышения доступности и качества товаров и услуг с использованием современных цифровых технологий, повышения степени информированности и цифровой грамотности, улучшения доступности и качества государственных услуг для граждан, а также степени безопасности страны. Принят Указ Президента РФ 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации»¹⁸. «За технологиями искусственного интеллекта будущее, это не менее важно чем атомные проекты в СССР»¹⁹. «Поэтому необходимо расширять изучение информационных технологий и искусственного интеллекта в рамках учебных программ, развивать новые образовательные форматы»²⁰.

На примере проекта Smart Cities Ranking (SRF, 2007)²¹ посвящённого средним городам и их перспективам развития в докладе UNIDO [4] на рисунке 2 представлена структура системы индексации «Умных городов»: шесть характеристик, причем каждый уровень описывается результатами уровня ниже (1) умная экономика; 2) умные люди; 3) умное управление; 4) умная мобильность; 5) умная окружающая среда; 6) умная жизнь); каждая из этих характеристик содержит несколько факторов, которые, соответственно, представляют собой ряд показателей. Эти характеристики и факторы формируют основу для индикаторов и последующей оценки эффективности поселения как «Умного города» (рисунок 3).

¹⁶ В частности, в настоящее время градостроительная деятельность находится в сфере ведения Минстроя России и Минэкономразвития России, а создание государственных услуг в сфере информационных технологий, в том числе в части использования информационных технологий для формирования государственных информационных ресурсов и обеспечения доступа к ним, в ведении Минцифры России.

¹⁷ Паспорт национального проекта "Национальная программа "Цифровая экономика Российской Федерации" от 04.06.2019 № 7. - URL: <http://base.consultant.ru>

¹⁸ О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации: Указ Президента РФ 10.10.2019 г. № 490: - URL: <http://docs.cntd.ru>

¹⁹ Путин В.В. отметил важность технологий искусственного интеллекта. /сайт «Известия». Новости политики, 19.07.2023 - URL: <https://iz.ru/1546469/2023-07-19/putin-otmetil-vazhnost-tekhnologii-iskusstvennogo-intellekta>

²⁰ Путин В.В. призвал расширять изучение искусственного интеллекта в образовательных программах. /сайт «РИА Новости», 22.09.2023 - URL: <https://ria.ru/20230921/tekhnologii-1897888485.html?ysclid=lnovzrckfk22560190>

²¹ URL: http://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf.



Рис. 2. Структура системы индексации «Умных городов» [4]

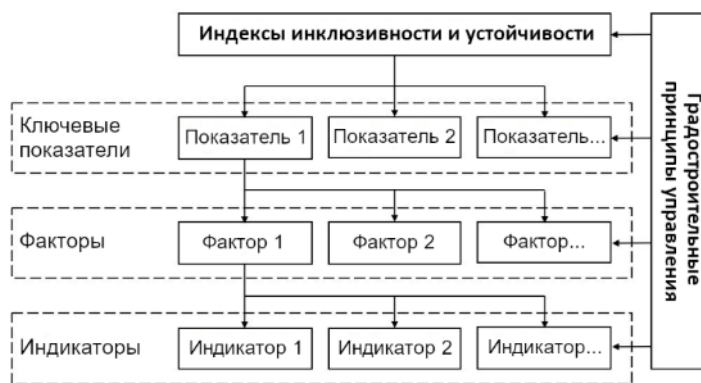


Рис. 3. Трехуровневая структура оценки эффективности поселения как «Умного города»: ключевые показатели, факторы и индикаторы [4]

Компания «Navigant Research» [6] выделила пять основных составляющих «Smart City»: 1) Smart Technologies and Infrastructure for Energy, 2) Water, 3) Transportation, 4) Buildings, 5) Government: Business Drivers, City and Supplier Profiles, Market Analysis, and Forecasts.

По-русски, это интеллектуальные технологии и инфраструктура в пяти направлениях: 1) энергетика, 2) вода, 3) транспорт, 4) здания и сооружения, 5) управление (побудительные причины): развития бизнеса, функциональной специализации территории (в т.ч. поселений), анализ рынка и прогнозы. Исследования по разработке системы показателей, которые могут обеспечить обзор тенденций в области инклюзивного и устойчивого развития городов (поселений) и промышленности актуальны во всем мировом научном сообществе. Используя эти индексы, поселения можно было бы оценивать и сравнивать для выявления их сравнительных преимуществ и недостатков, с тем чтобы определить траектории их развития в целях содействия эффективному, устойчивому и инклюзивному городскому и региональному росту.

Необходима разработка надежной и всеобъемлющей системы многоуровневых индексов поселений и регионов, которые могут быть использованы для измерения эффективности деятельности поселения и конкретных проблем реального сектора экономики, а также для определения ключевых категорий инклюзивного и устойчивого развития (Inclusive and Sustainable Industrial Development - ISID) в качестве индексов первого уровня с субфакторами, разработанными в рамках каждой категории. Сочетания количественных и качественных показателей, индексов должны быть разработаны для достижения целей устойчивого развития, установленных в 2016 году ООН [4].

Для измерения и продвижения в содействии и ускорении инклюзивного и устойчивого промышленного развития на городском уровне необходим консенсус по влиянию ISID на городское развитие на основе четырех ключевых принципов [4]: 1) взаимосвязь урбанизации и индустриализации; 2) устойчивый экономический и социальный рост; 3) совместное процветание; 4) эффективность использования ресурсов и экологическая устойчивость. Фундаментальный сдвиг парадигмы побуждает участников профессиональной деятельности в полной мере использовать современные технологии, чтобы предвидеть будущие потребности в градостроительной деятельности более эффективно и с большей уверенностью, чем это возможно в настоящее время. В книге [7] потенциал ИИ для градостроительной деятельности представлен в виде неформальной таксономии, сгруппированной по значимости 26 компонентов (рис. 4).

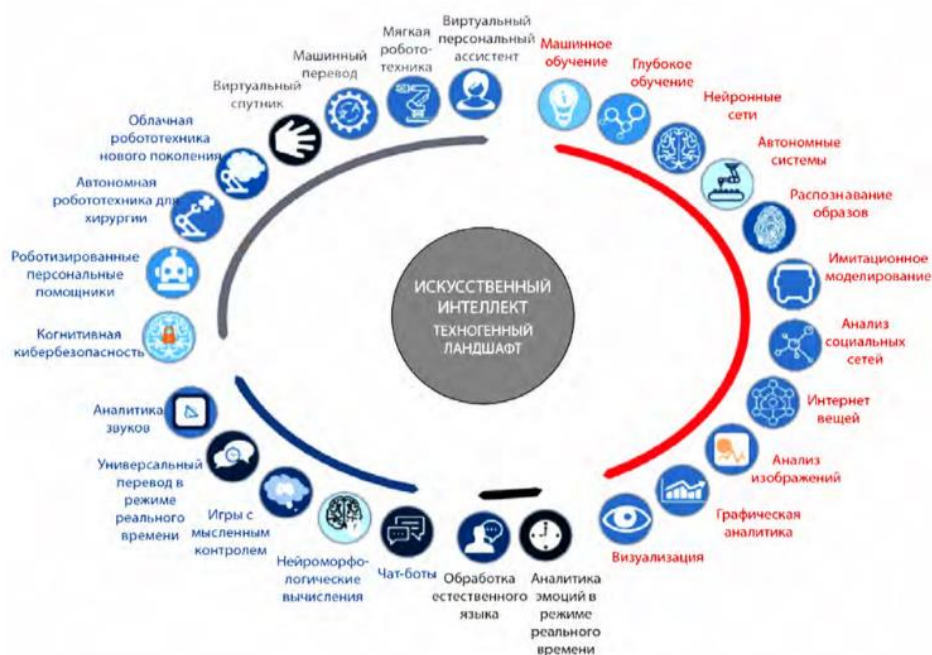


Рис. 4. Компоненты ИИ: ранжированы по часовой стрелке от наибольшей значимости - «Машинное обучение» к наименьшей - «Виртуальный персональный ассистент» [7]

И так всегда сложные системы города превратились в сложные адаптивные системы. Стремительная цифровизация за последние три десятилетия привела к технологическому сдвигу, пронизывающему почти все аспекты городской жизни. Цифровизация городской структуры и связанных с ней систем приводит к созданию "Умного города". Такой город сочетает в себе Интернет вещей - датчики сбора данных, подключенные к электронным устройствам, поддерживаемым информационно-коммуникационными технологиями. Представляется, что все эти и другие стремительно развивающиеся сквозные цифровые технологии, в т.ч. ИИ, необходимы чтобы помочь градостроителям делать больше по производительности с меньшими временными затратами при проектировании среды жизнедеятельности.

ИИ обеспечивает большую скорость и эффективность работы по обработке информации, в связи с чем представляется, что использовать такие технологии в первое время будут те, кто умеет заставить компоненты ИИ работать на них, и, к сожалению, новоиспеченные «субпрофессионалы», получают с помощью ИИ право предлагать новые и явно ценные услуги, такие как анализ данных, применение интеллектуальных технологий и визуализация. При этом опасность исходит от возвышения такого специалиста²², одаренного, скажем, в компьютерной графике, но неопытного в оценке значимости того, что они показывают, и того, как это преподносится, т.е. не владеющего научно-практическими знаниями в сфере градостроительства.

Постоянная проблема заключается в том, что потребитель, естественно, ограничен тем, что он знает, с ограниченным желанием экспериментировать с чем-то совершенно незнакомым для него, каким бы потенциально обогащающим это ни было. Использование комбинации ИИ с игровыми технологиями²³ [8], например, могло бы помочь конечным пользователям самостоятельно определить свои конкретные потребности в среде жизнедеятельности и его ответственность за ее сохранность и развитие.

²² Например, если ИИ будут обучать только по направлениям «Информационных систем».

²³ Самойлова Н.А. Структурно-функциональная диаграмма процесса коммуникации участников градостроительной деятельности... / Инновационный альбом РААСН, выпуск 2022. - URL: <http://raasn.ru>

Обобщив и проанализировав изученные материалы по теме²⁴, сформулированы основные положения применения искусственного интеллекта в сфере градостроительства для регулирования среды жизнедеятельности в России:

1. Необходимо провести анализ существующих научных знаний (закономерностей и взаимозависимости данных о расположении различных объектов на территории с учетом ее градостроительного типа и градостроительного потенциала) и подготовить такие знания для обработки с помощью искусственного интеллекта (использованию научных знаний в виде различных метрик в алгоритмах ИИ).

2. Разработать алгоритмы и модели машинного обучения, которые будут использоваться для анализа данных (в том числе картографических) и принятия градостроительных решений.

3. Обучить специалистов, которые будут работать с искусственным интеллектом и разрабатывать новые алгоритмы и модели в сфере градостроительства.

4. Подготовить и принять необходимые нормативно-правовые документы, обеспечивающие применения искусственного интеллекта в сфере градостроительства для регулирования среды жизнедеятельности для органов публичной власти и для бизнес-сферы²⁵ (массового потребления заинтересованными участниками градостроительной деятельности).

5. Создать инфраструктуру для сбора и хранения градостроительных данных (графических, в том числе планов, карт, карто-схем и т.п.; текстовых; числовых; звуковых и видео данных), а также для обработки и анализа этих цифровых данных. Обеспечить безопасность и защиту данных, которые будут использоваться при работе с ИИ.

6. Провести тестирование и оптимизацию разработанных алгоритмов и моделей на реальных данных по различным градостроительным типам территории.

7. Внедрить разработанные алгоритмы и модели в практическую деятельность по управлению и регулированию средой жизнедеятельности.

ВЫВОДЫ

Предстоящее десятилетие принесет больше инноваций в области информационных технологий, и, в частности, ИИ в сфере градостроительства, чем за последние двадцать лет. Это представляет собой обновление или замену всех корпоративных приложений и потребительского программного обеспечения. Совершенно новые возможности открывают путь к устойчивому преобразованию поселений, стремясь повысить социальную справедливость и защитить правоотношения на объекты недвижимости на этом пути.

Прозрачность и возможность отслеживания при одновременном обеспечении конфиденциальности данных важны для принятия градостроительных решений на всех уровнях. Необходимы новые научные знания применения ИИ в сфере градостроительства, позволяющие аналитикам заглянуть внутрь алгоритмов и получить представление о том, как результаты были получены искусственным интеллектом, в связи с этим обучение и переобучение кадров применению ИИ в сфере градостроительства является перспективной и актуальной задачей для системы образования на ближайшие годы и не терпит временной отсрочки.

²⁴ В ФНИР III этапа (ЕГИСУ НИОКТР рег. № 121110900122-6 от 09.11.2021) представлен обзор более 100 зарубежных и более 20 отечественных источников.

²⁵ Например: 1) в Сингапуре компании MAS и Google Cloud начали взаимодействовать по использованию генеративного ИИ в составе сервисов органов публичной власти, тестирования передовых продуктов для бизнес-сферы и в целом научного обеспечения поддержки развития технологий ИИ; 2) при использовании ИИ для регулирования среды жизнедеятельности одним из первых планируется создание чат-бота, которого государственные служащие смогут использовать для повышения производительности труда, контроля соблюдения нормативных требований. AI_Government_Cloud_Cluster_(AGCC). - URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/> Компания: Государственное_технологическое_агентство_Сингапура_%28Government_Technology_Agency%29

Представляется, что изложенные в статье основные положения применения передовой технологии (искусственный интеллект) в сфере градостроительства для регулирования среды жизнедеятельности будут в помощь как органам публичной власти, так и научному и профессиональному сообществу, в т.ч. образовательному, на пути совершенствования регулирования среды жизнедеятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Самойлова Н.А.* Территориальные информационные системы: учебно-методическое пособие - М.: Издательство МИСИ – МГСУ. 2022. 60 с. Режим доступа: <http://lib.mgsu.ru> Дата обращения: 08.12.23.
2. Edler D. What Happens if Artificial Intelligence Represents the Cartography of the Future?! // *KN - Journal of Cartography and Geographic Information*. 2023. № 73. pp. 93–95. Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s42489-023-00141-x>. Дата обращения: 17.10.23.
3. *Chen M., Claramunt Chr., Çöltekin A. and others.* Artificial intelligence and visual analytics in geographical space and cyberspace: Research opportunities and challenges // *Earth-Science Reviews*. 2023. V. 241. No. 104438. Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104438>. Дата обращения: 17.10.23.
4. *Weixi G., Hui L.* Sustainable City Indexing: Towards the Creation of an Assessment Framework for Inclusive and Sustainable. – UNIDO. Urban-Industrial Development. - August 2017. - ISSUE PAPER п. 2. Режим доступа: https://www.unido.org/sites/default/files/files/2018-02/BRIDGE%20for%20Cities_Issue%20Paper_2.pdf Дата обращения: 17.10.23.
5. Справочник по цифровому регулированию, Женева, Международный союз электросвязи и Всемирный банк. 2020. Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. (ITU, ICT Regulatory Tracker 2018. Режим доступа: <https://www.itu.int/net4/itu-d/irt/#/generations-of-regulation>. Дата обращения: 08.12.23.
6. *Woods E. and Goldstein N.* Executive Summary: Smart Cities Research report Navigant Research. Boulder: Navigant Consulting, Inc. 2014. 118 p.
7. *As I., Basu P., Talwar P.* Artificial Intelligence in Urban Planning and Design. Technologies, Implementation, and Impacts. eBook. Elsevier (1st Edition - May 14, 2022). Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/C2019-0-05206-5>. Дата обращения: 17.10.23.
8. *Самойлова Н.А., Жирков О.А., Белкин С.В.* Внедрение технологий стратегического техно-театра для коммуникации участников градостроительной деятельности «Государственное управление и развитие России: глобальные тренды и национальные перспективы»: Сборник статей международной конференц-сессии 16-20 мая 2022 г. Том 4. – М.: «Научная библиотека». 2023. 710 с. С.687-694.

ОСОБЕННОСТИ ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТОВ ТЕРРИТОРИЙ ИСТОРИЧЕСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ В Г. ДАМАСК В САР

С. Махрука¹, Н.В. Бакаева²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹sedra.mahrouka@gmail.com

Аннотация

Концепция восстановления городов и исторических кварталов развивалась в различных градостроительных подходах и методах, начиная с 1950, сразу после второй мировой войны, и примерно по 1980 годы, когда глобальная тенденция развития городов стала соответствовать принципам устойчивого развития городских поселений и охраны окружающей среды. Возрождение идентичности города Дамаск и сохранение его городского разнообразия невозможны без учета процессов урбанизации, которые начались в конце XIX века и продолжаются в настоящее время, влеча за собой изменения и преобразования в социальной, экономической и политической жизни. Трансформация городского развития территорий исторических поселений в г. Дамаск косвенно связана с пренебрежением историческим наследием и недостаточным вниманием к историческим районам, что стало причиной ухудшения качества городской среды и привело к изменению окружающей среды и природного ландшафта. Реконструкция и развития города Дамаск означает не только обращение внимания к его старому городу и его историческим кварталам, но и сосредоточение внимания на элементах его природного ландшафта, которые напрямую связаны с его историческим и культурным наследием.

ВВЕДЕНИЕ

С момента своего основания города стали свидетелями многократных изменений и преобразований, которые не всегда соответствовали чаяниям и потребностям жизни человека. Особенно остро стоит вопрос сохранения и восстановления окружающей города природной среды в контексте градостроительного развития.

Экологическая реконструкция — термин, который используется сегодня для разработки мероприятий градостроительной деятельности применительно к территориям существующих или новых городов после антропогенных воздействий на природную среду. Кроме того, экологическая реконструкция — это градостроительные мероприятия по изменению параметров существующего неэкологического объекта (города, производственного объекта, жилого здания, инженерного сооружения, инфраструктуры и пр.) с приведением его в состояние экологичности. Основной целью экологической реконструкции является сохранение природной окружающей среды, присутствующей в городах путем поддержания экологического баланса и сохранения биоразнообразия [1].

Реализация концепции городского ландшафта представляет собой одну из проблем территориального планирования, поскольку это прямой инструмент реализации политики устойчивого развития для городов 21 века [2]. Также концепция направлена на сохранение и защиту природных ресурсов и обеспечение их надлежащего управления, рассматривает особые культурные и социальные аспекты, которые влияют на определение пространственных стратегий развития поселений.

Для Сирийской Арабской Республики характерно несбалансированное размещение населения, что предполагается учитывать при разработке региональных и местных планов территории [2]. Для реализации потенциала развития и достижения баланса необходимо учитывать связь природной и антропогенной составляющей.

Дамаск — столица САР, является историческим поселением, и одним из старейших городов населенных городов мира. Город Дамаск прошел множество исторических этапов развития [3,4], которые привели к изменению его городской среды и появлению различных

городских морфологических ареалов. Настоящее исследование направлено на то, чтобы продемонстрировать концепцию природного ландшафта города Дамаск и его важность, определяя его роль в определении природных тенденций и стратегий, которые могут обеспечить устойчивое развитие. В качестве инструмента восстановления окружающей среды, направленного на решение природных проблем, возникающих в результате быстрых изменений и непродуманных процессов расширения городов для формулирования соответствующих решений в специальных планировочных исследованиях, могут выступать концепция и принципы ландшафтного проектирования.

Определение городского ландшафта, соответствующее контексту Ближнего Востока, – это природо-социо-культурная структура, которая выражает то, как люди взаимодействуют с окружающей средой в соответствии с культурой конкретного общества [5]. Ландшафт отражает системную взаимосвязь всех видов городского озеленения общего пользования, санитарно-защитных, водно-парковых, рекреационных зон: скверов и парков, внутриворонных и уличных посадок деревьев, а также материальных объектов – зданий и сооружений.

Формирование городского ландшафта связано с проблемой определения условий, особенностей и специфики пространственной организации территории. Особенно, если это решается на разных уровнях планировки территории города. Вопрос усложняется по мере продвижения к нижним уровням планировочной структуры города, особенно вокруг и внутри городов, учитывая доминирование там урбанизации над природой [2].

Цель исследования – выделить природные компоненты на территории исторических кварталов Дамаска, связанные с городским ландшафтом, выделить типы зеленых пространств на основе морфологических ареалов и определить возможность реализации экологической реконструкции этих территорий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования была выбрана территория исторических кварталов г. Дамаск. Для достижения поставленной цели использован системный анализ научной литературы соответствующей тематики, и данные из открытых источников, исследовательские отчеты.

В данном исследовании применяется комплексный и ландшафтно-экологический подходы в совокупности с некоторыми положениями концепции устойчивого развития, а также картографический метод.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Природные особенности морфологии исторических поселений города Дамаск состоят из трех важных и отличительных элементов: 1) элемента рельефа - гора Касиун; 2) «зеленых» зон вокруг Дамаска (называется Гута); 3) водного объекта - река Барада. Эти элементы явились первой основой для поселения и городского развития города и составили его естественную природную компоненту ландшафта и являются природным наследием.

Данное исследование было сосредоточено на элементе природного ландшафта Дамаска – зеленых зонах, изучены их виды и изменения в важнейших периодах развития и возникновения городских структур города.

Зеленые зоны в Дамаске делятся на два типа: 1) зеленые пространства в городском контексте (уровень города). Являются дворами в исторических кварталах, линейными пространствами на берегу реки Барада, парком жилых микрорайонов, городскими парками; 2) открытые зеленые пространства вокруг города (региональный уровень), выполняющие сельскохозяйственные функции.

Процессы урбанизации в городе Дамаск оказали значительное влияние на оба типа зеленых зон. Влияние затронуло первый тип с точки зрения формы и их функций. На второй тип это повлияло с экологической точки зрения (сокращение территории (рис. 1.) и загрязнение) [6].

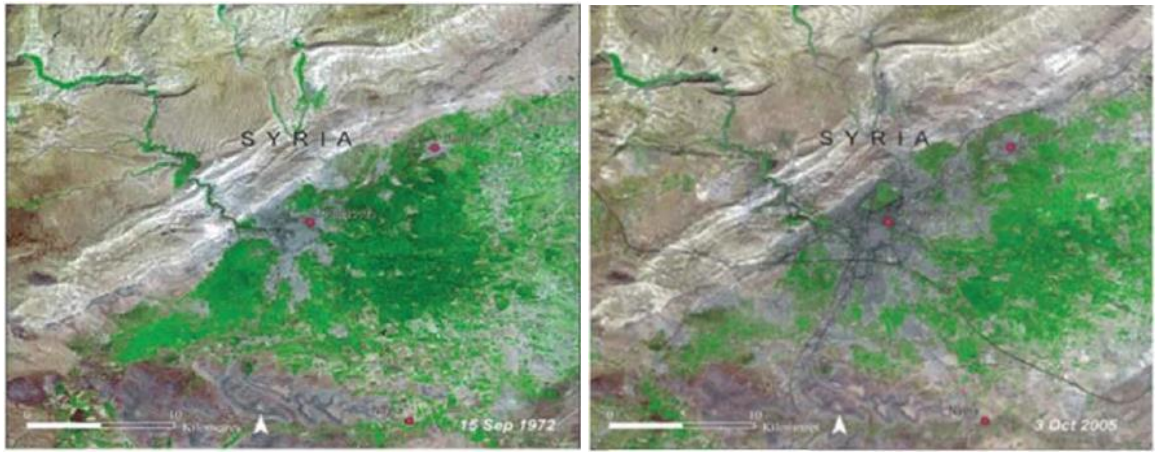


Рис. 1. Сокращение площади территорий зеленых зон вокруг Дамаска в период с 1972 г. до 2005 г.[6]

На основе приложения к Дамаску теоретических положений, касающихся городской морфологии, были идентифицированы морфологические ареалы (рис. 2) и построена морфотипы: традиционный арабский высокоплотный малоэтажный; турецкий среднеплотный малоэтажны; французский среднеплотный малоэтажны; современный отдельностоящей среднеэтажный и многоэтажный. Три из них относятся к территориям исторических поселений города (рис. 3).

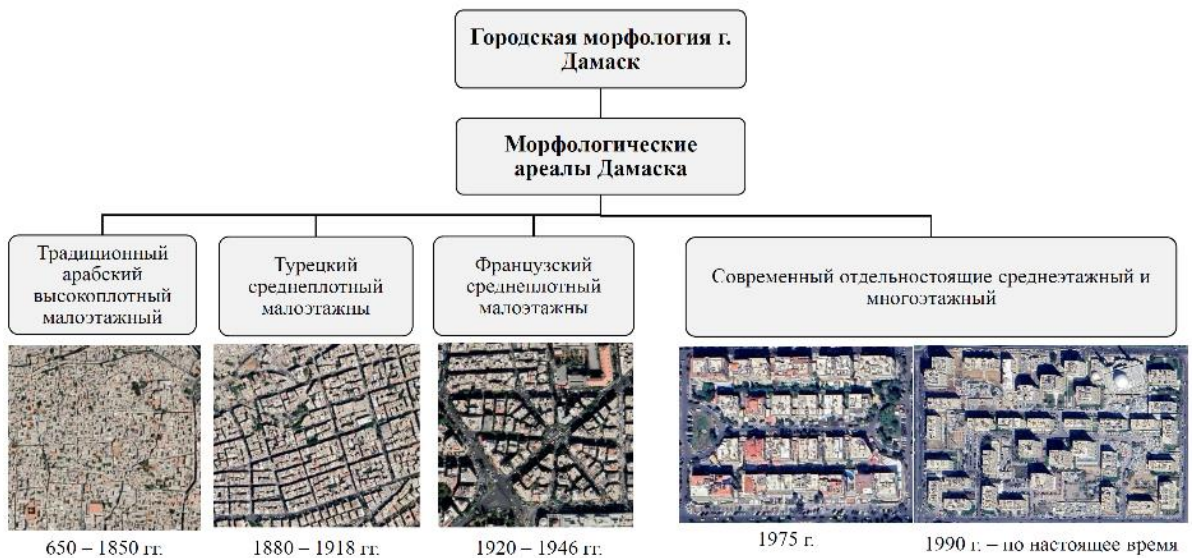


Рис. 2. Морфологические ареалы г. Дамаск (а в т о р Махрука Сидра)

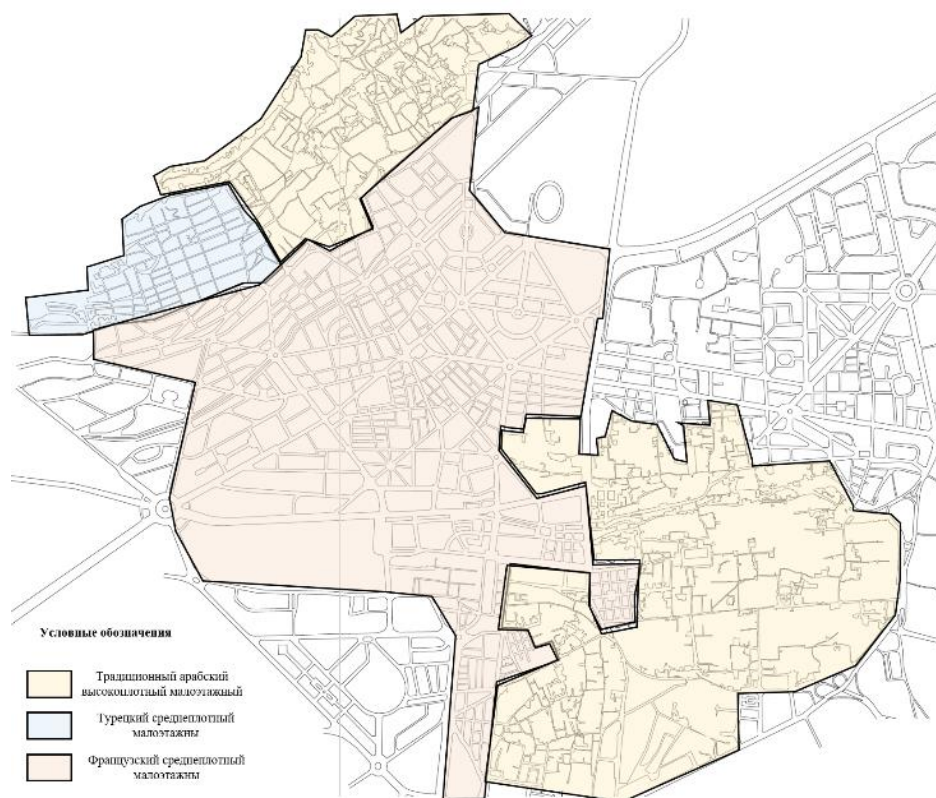


Рис. 3. Морфологические ареалы территорий исторических поселений г. Дамаск (автор Махрука Сидра)

Зеленые зоны в городской среде (традиционный арабский высокоплотный малоэтажный) ограничивались внутренними дворами (рис. 4), некоторыми линейными пространствами на берегу реки Барада и по обочинам дорог соединяющих кварталы старого города с традиционными кварталами, которые возникали за его пределами. Зеленые зоны окружающие городских структур представляют собой сельскохозяйственные пространства. Состояние ландшафта можно охарактеризовать как благоприятное, с ограниченным антропогенным влиянием.

Городские структуры (турецкий среднелотный малоэтажный) основаны на европейских методах проектирования, которые впервые были применены в Стамбуле [7]. Зеленые зоны в этом морфологическом ареале являются дворами. Кроме того, в некоторых постройках двор был ближе к частному саду.

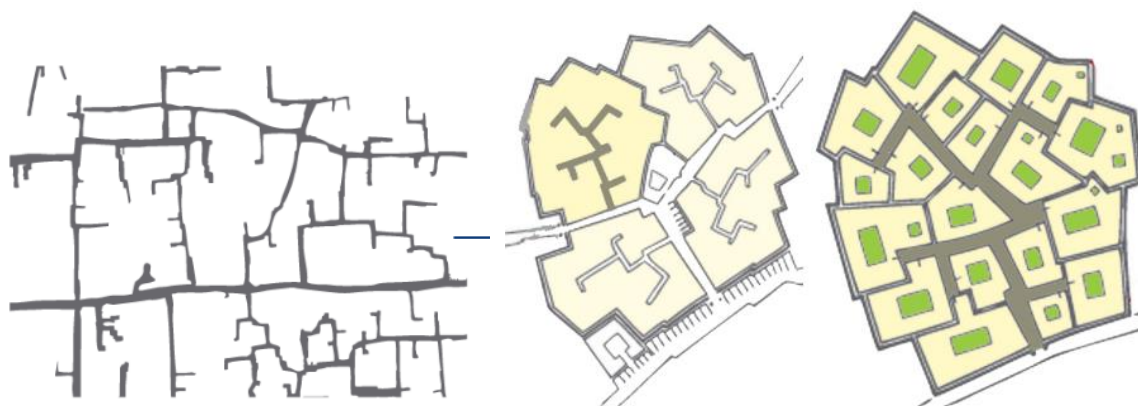


Рис. 4. Дворы в городской среде Дамаска (традиционный арабский высокоплотный малоэтажный тип застройки) [7, с дополнениями авторов]

Новые типы зеленых зон появились в городской среде (французский среднелотный малоэтажный) (Рис. 5.) с применением европейских принципов градостроительства. Для

Дамаска наличие общественных парков в городе являлось новой практикой. Зеленые зоны возникли во время французского мандата, когда французские градостроители перенесли в Дамаск идеи Афинской хартии (1933 г.). Основная концепция хартии заключалась в создании независимой территории для четырех функций: жизни, работы, отдыха и передвижения [8]. Каждая из этих зон разделена зеленым поясом и соединена с парками. Эти принципы позволили спроектировать широкие улицы и бульвары с линейными зелеными пространствами по обеим сторонам в целях украшения образа города и отделения движения автомобилей от пешеходов и зданий. Также появились парки кварталов. Второй тип зеленых зон (зоны окружающие городские структуры) произошли на открытых зеленых территориях Дамаска. В отношении открытых зеленых территорий французские градостроители дали очень четкую рекомендацию сохранить и расширить сельское хозяйство и плантации, чтобы ограничить рост зоны застройки.

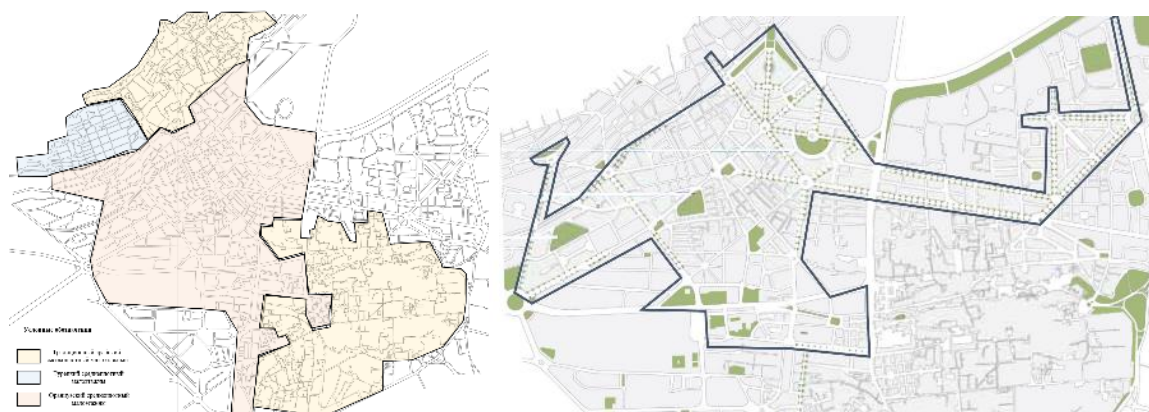


Рис. 5. Парки кварталов и бульвары в городской среде (французский среднеплотный малоэтажный тип застройки)[8, с дополнениями автора]

ВЫВОДЫ

Проанализирован природный ландшафт территорий исторических поселений Дамаска и выявлены его элементы. Изучено изменение зеленых зон в результате расширения и развития города и изменения форм городских структур. Выявлены особенности планировочных элементов зеленых зон территорий исторических поселений города: внутренние дворы; линейные зеленые зоны на берегу реки Барада и по обочинам дорог и проспектов; парки кварталов. Кроме того, было отмечено изменение состояния открытых зеленых зон вокруг города. Площадь открытых зеленых зон вокруг Дамаска сократилась, несмотря на попытки городского планирования сохранить и защитить их. Рассмотренные условия явятся обоснованием возможности реализации метода экологической реконструкции рассмотренных территорий и восстановление качества городской окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тетиор А.Н., Пути экореконструкции и экореставрации городов // *sciences of europe* # 23, (2018). С. 69 – 77. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/puti-ekorekonstruksii-i-ekorestavratsii-gorodov/viewer>.
2. Атфа Н., Ландшафт – концепция и применение в исследованиях планирования // *журнал инженерных наук, университет Дамаска, том №29 - выпуск №1 - 2013 г. С. 489 – 509*
3. Шиплей А., Ладик Е.И. Региональные особенности и современное состояние исторической застройки сирийских городов (на примере г. Дамаск) // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 5. С. 92–104. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-5-92-104.* Режим доступа: <http://dspace.bstu.ru/bitstream/123456789/4586/1/9.%20Шиплей.pdf>.
4. Шахин Н., Градостроительные особенности развития города Дамаска (Сирия) // *Белорусский национальный технический университет.* Режим доступа: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/91469/226-231.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
5. Махазуми Д., *Ландшафты на Ближнем Востоке, // Исследование ландшафтов, Американский университет, Бейрут, Том №27.*
6. Хасанен Б., Анализ городского планирования Дамаска и мер, принятых в 1960-2015 гг. // *архитектурный*

- журнал 22, выпуск № 86 Архитектурная и городская идентичность города Дамаска (2020.) С. 169 – 182*
7. *Schwiete K., Luise wunder M., Salihiye Hilltown Damascus // The Middle East Studio Wintersemester 2009. P. 38.*
 8. *Wild N., Stockhammer D. The french mandate city, a footprint in Damascus // The Middle East Studio Wintersemester 2009. P. 143 – 144*

ГИБКОСТЬ И АДАПТАЦИЯ В ЖИЛОЙ АРХИТЕКТУРЕ

М.Т. Алсанед Ахмад

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
Tarekalsayeda8@gmail.com

Аннотация

Сегодня потребность в гибкости жилищного строительства является чрезвычайно острой. Темп жизни стал быстрее, а потребности населения постоянно меняются. В последние годы вирус Короны сыграл важную роль в подтверждении возросшей потребности в гибкости, изменив образ мышления в отношении зданий, особенно жилых, и подчеркнув необходимость того, чтобы жилые единицы были динамичными и изменчивыми, чтобы адаптироваться к меняющейся жизни и не является жестким и ограниченными функциями.

В статье рассматривается тема гибкости и адаптируемости жилой архитектуры. На примерах исследуются методы и способы достижения гибкости. В результате гибкость разделяется на несколько уровней, различающихся по степени изменения, а также простоте и скорости его реализации.

Гибкость позволяет пользователям выбирать наиболее подходящее решение среди множества возможных решений и снова легко и с небольшими затратами модифицировать его. Таким образом, гибкое жилье можно адаптировать к изменению размера семьи, старению, работе на дому или даже созданию источника дохода.

Ключевые слова: Гибкие жилые здания, Адаптированное жилье, Внутренняя гибкость, Внешняя гибкость, Масштабируемость зданий, Жизненный цикл здания, Многофункциональная мебель, Открытая планировка

ВВЕДЕНИЕ

Общей характеристикой большинства жилья сегодня является жесткость и сложность перестройки, что несовместимо с требованиями жизни и потребностями жильцов, которые меняются со временем. В этом быстро меняющемся мире здания должны учитывать новые модели жизни, которые не предполагались во время их строительства.

Жизнь в условиях изоляции обнажила некоторые недостатки дизайна жилых домов. Необходимость работать и учиться дома, когда вы живете в квартире или доме, которые нельзя изменить, чтобы обеспечить комфорт, необходимый для выполнения новых функций, не идеальна.

Пандемия COVID-19 вызвала необходимость в более гибком жилье, которое соответствовало бы образу жизни в 21 веке и адаптировалось к нашим разнообразным и меняющимся потребностям.

Гибкое жилье – это жилье, способное удовлетворить меняющиеся потребности пользователей, поэтому под изменением и обновлением понимается способность организовывать, перепланировать, выбирать лучший вариант, что помогает находить гибкие и современные решения, одновременно удовлетворяющие меняющиеся потребности пользователей и их новые виды деятельности и совместимы с ними, устанавливая различные опции на функциональном уровне. Гибкость – это легкость, с которой что-то можно изменить в соответствии с новыми условиями.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на основе изучения и анализа закономерностей изменения жилья для достижения гибкого жилищного строительства путем выявления типов гибкости в архитектуре, а также характеристик функциональных, материальных и пространственных изменений, которые будут происходить в здании, которые разделены на три уровня по типу изменений: перестановка мебели, перераспределение и расширение.

Типы гибкости в архитектуре

По словам Принса, гибкость в архитектуре делится на две части: [1]

- 1- Внутренняя гибкость: связана с изменением функций или формы пространств, то есть путем физического вмешательства или чего-то еще.
- 2- Внешняя гибкость: связана с добавлением нового блока для расширения здания или с добавлением новых рабочих мест, которые нельзя разместить внутри здания. Путем вмешательства, связанного с изменением внешней формы, не вызывая внутренних изменений, с целью развития здания в соответствии с новыми требованиями (эстетическими, функциональными и социальными)

Архитектурные методы достижения гибкости зданий

Архитектурное и функциональное проектирование пространства является одним из наиболее важных шагов к достижению гибкости дизайна, поскольку дизайн должен позволять вносить необходимые изменения в более позднее время для удовлетворения меняющихся потребностей пользователя. Это делается несколькими способами (от наименее к наиболее сложному):

1. Взаимное использование пространства, многофункциональное пространство (Multi-use):

Взаимное использование пространства означает, что пространство можно использовать для выполнения более чем одного вида деятельности. Это достигается путем проектирования некоторых пространств для размещения более чем одной функции вместо выделения пространства для каждой функции. Это способствует повышению эффективности функциональных показателей помещений и, тем самым, повышению эффективности использования здания. Но это требует успешного управления и правильного проектирования пространства; так что он подходит для выполнения более чем одного действия, будь то (одновременно) или (последовательно). (Рис.1)

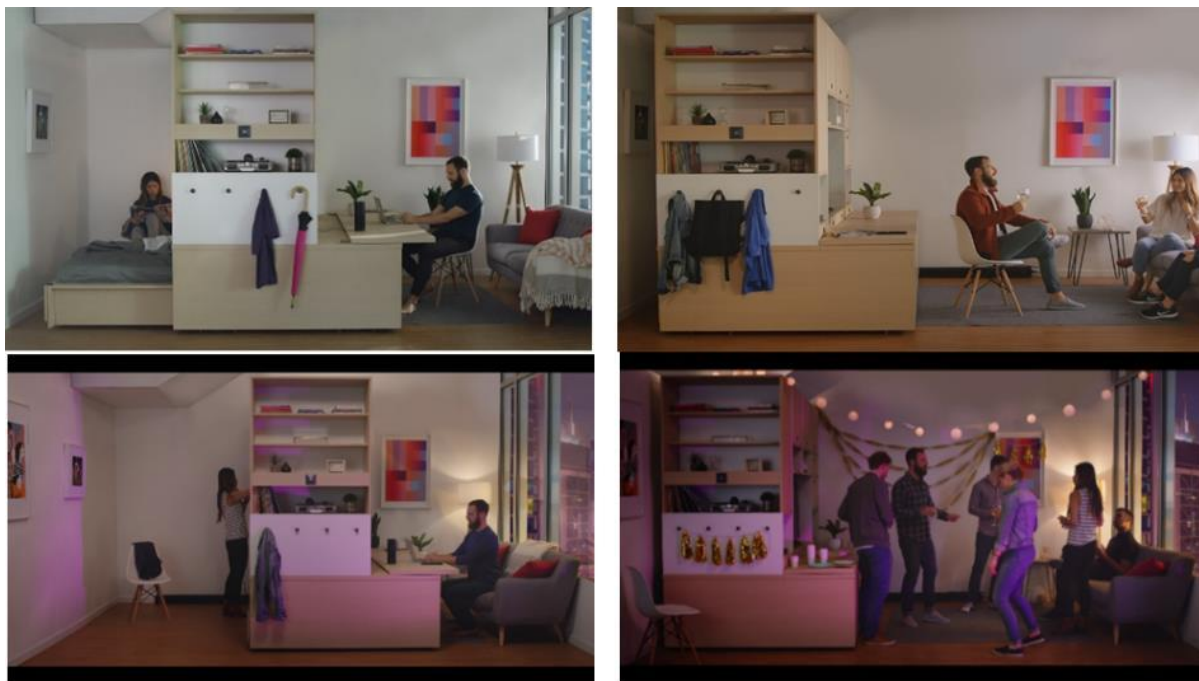


Рис.2. Многофункциональная мебель. [2]

2. Повторное использование (Reuse)

Повторное использование архитектурных пространств для выполнения новых работ без изменения размера и соотношения пространств друг с другом для обеспечения новых функций без высоких экономических затрат. Технологии и технологическая инфраструктура должны быть созданы заранее, чтобы обеспечить новые функциональные потребности. Это необходимо для обеспечения успеха этого метода.

Этот метод широко использовался в период вируса Короны, так как многие люди перешли на удаленную работу, и, соответственно, были выделены комнаты или сформировано специальное пространство для работы дома путем внесения некоторых простых изменений.



Рис.3. Перепланировка квартиры в период карантина. [3]

3. Открытая планировка (Open-plan)

Этот метод достигает изобилия за счет постоянного использования открытого пространства и позволяет избежать создания закрытых пространств, которые используются только в течение ограниченного времени. А также уменьшает пространство для распределения предметов между комнатами и позволяет изменять форму и площадь каждого пространства в соответствии с функциональными потребностями.

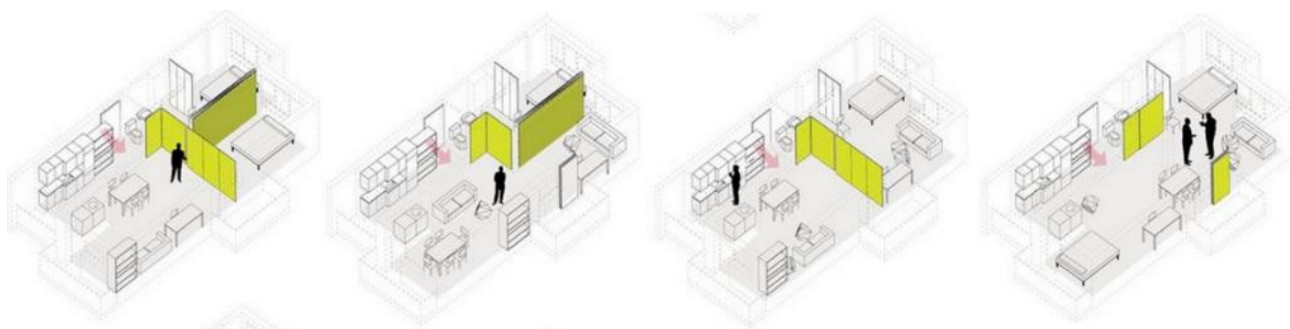


Рис.4. Квартира свободной планировки. [4]

4. Долгосрочная адаптация

Способность жилища адаптироваться, модернизироваться и принимать современные технологии, если таковые имеются, путем добавления, удаления или изменения внутренних стен помещений без искажения общей формы или нарушения его основных функций. Также концепция включает в себя то, что называется: перераспределение, что означает изменение расположения внутренних разделителей и добавление новых разделителей для создания новой пространственной конфигурации.



Рис.5. Квартира в Граце, Австрия, разделение которой можно менять в зависимости от изменения ее жителей, чтобы достичь высокой эффективности с различными возможностями. [5]

5. Расширение (Expansion)

Это способность жилища изменять и увеличивать свою площадь для удовлетворения новых требований и нужд, отличных от заявленных в функциональной программе, утвержденной в проекте (например, увеличение численности населения или введение новых рабочих мест, аварийных рабочих мест), и иногда это является результатом изменения социальных и технологических данных, что приводит к необходимости создания новых пространств, добавленных к зданию, для удовлетворения новых требований. Это было сделано двумя способами:

- Неявное увеличение (Add-in):

Это означает расширение пространства жилища только в пределах его плана и использование находящихся в нем пространств, например, использование третьего измерения, то есть вертикальной высоты пространства, если это возможно, при этом растягивая мебель по всей длине. высоту помещения, выделяя при этом нижние помещения для частого ежедневного использования. (Рис.6) (Рис.7)

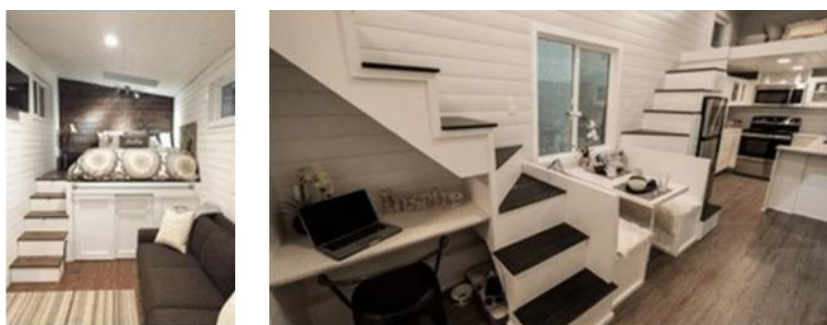


Рис.6. Гибкость расширения, примеры (Add-in). [6]



Рис.7. Регулируемый мезонин в маленькой квартире. [7]

- Внешнее увеличение (Add-out):

Расширение дома за пределы плана по горизонтали или по вертикали. Примеры этого включают работы чилийского архитектора *Алехандро Аравена*, который разработал модель жилого дома «Половины дома», чтобы решить жилищную проблему путем формирования свободного пространства в структуре здания, в котором пользователь может со временем строить и добавлять то, что ему нужно, в соответствии со своими потребностями и финансовыми возможностями. (Рис.8)

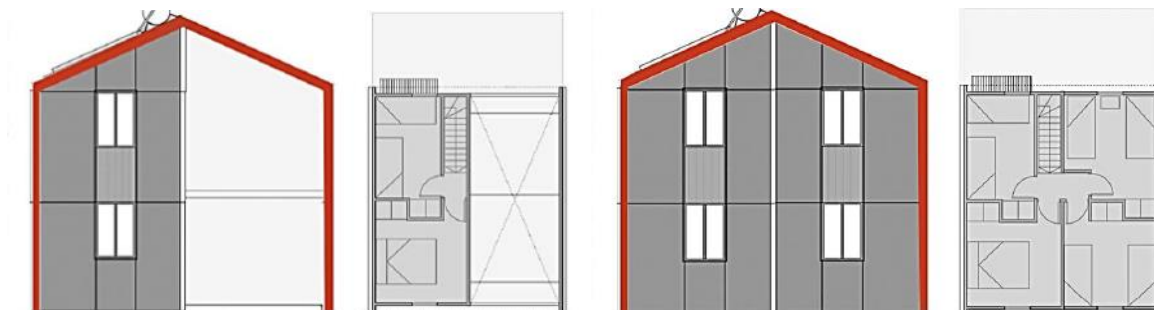


Рис.8. Алехандро Аравена, Вилла Верде Жилье в Чили от ELEMENTAL. [8]

А также проект расширяемого дома, разработанный компанией *Urban-Rural Systems* в Индонезии, представляет собой одноэтажный жилой блок, который можно расширить до трех этажей, создавая в здании новые пространства, которые могут быть жилыми или выполнять другие функции (небольшое кафе, небольшой магазин и т. д.) (Рис.9, Рис.10)



Рис.9. Расширяемый дом в Индонезии. [9]

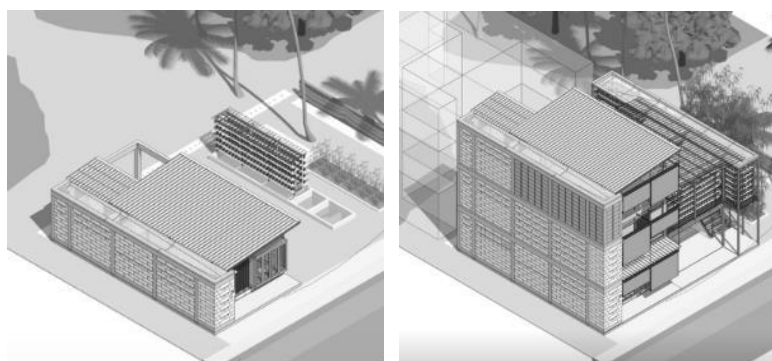


Рис.10. Расширяемый дом в Индонезии. [10]

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате изучения и анализа изменения жилых зданий для достижения архитектурной гибкости разделены на три уровня по типу изменений:

- Первый уровень:

Функциональные изменения или временные физические изменения в дополнение к функциональным изменениям, что достигается путем использования одного места для выполнения более чем одной функции в течение дня таким образом, чтобы функции не конфликтовали друг с другом. Кроме того, добиться этого помогает многофункциональная и трансформируемая мебель.

- Второй уровень:

Физические изменения, происходящие в разные периоды срока эксплуатации здания и в течение длительного периода. Изменения в границах здания

- Третий уровень:

Конструктивные пристройки к зданию подразделяются на внутренние и внешние в зависимости от основной части здания и возможности расширения, которое оно вмещает. Изменения вне границ здания

ВЫВОДЫ

Важность архитектурной гибкости заключается в том, что она становится все более необходимой, поскольку требования современной жизни настолько сложны и подвержены большим изменениям, что попытка дизайнера предвидеть последствия изменений может привести к созданию зданий, которые не подходят для своей функции и *Колкухун* описал это как «ложное сознание общества». [11]

Степень гибкости зависит от того, насколько легко и быстро можно внести изменения, и это зависит главным образом от конструкции здания и количества доступного в нем пространства. Современные методы строительства и новые материалы облегчают эту адаптацию, позволяя зданиям реагировать на меняющиеся требования и обеспечивая более эффективное использование пространства.

Следовательно, основной шаг в формировании гибкого здания — это предвидеть возможные сценарии здания и оставлять возможность изменений доступной, и, как сказал Фридман, «есть аспект гибкости в здании, который должен быть оставлен на усмотрение пользователя в здании. потому что он более способен идентифицировать некоторые из необходимых переменных и потребностей, и эти решения не могут быть известны и ожидаемы заранее». [12]

ЛИТЕРАТУРА

1. *Принс М.*, «Управление гибкостью здания в процессе проектирования: Модель поддержки проектных решений для оптимизации гибкости здания в отношении затрат жизненного цикла в: Николсон, М.П.» в *Архитектурный менеджмент*, Лондон, 1-е издание, Тейлор и Фрэнсис, 1992, с. 65-75;
2. *Tersigni J.*, *Robotic Furniture That Could Revolutionize Tiny Spaces*, 09.06.2017 [электронный ресурс]. URL: <https://www.azuremagazine.com/article/az-awards-2023-meet-the-winners/> (дата обращения: 19.11.2023);
3. *Соло-Лайонс Н.*, *Четыре основных изменения в многоквартирных домах после пандемии*, 08.10.2020 [электронный ресурс]. URL: <https://www.businessinsider.com/> (дата обращения: 19.11.2023);
4. *What is Flexible Housing*, [электронный ресурс]. URL: www.re-thinkingthefuture.com (дата обращения: 19.11.2023);
5. *Гюнтер Домениг*, «Жилой проект «Нойфельдвег» в Граце/А» на немецком языке, *Вaumagazin* 39, ч. 4 (1991), С.492–502;
6. *Sura S. Aziz, Dhirgham Alobaydi, Amna BM Salih.* Studying flexibility and Adaptability as key sustainable measures for spaces in Dwelling Units: A Case Study in Baghdad, 10.08.2020, 3rd International Conference on Sustainable Engineering Techniques (ICSET 2020), С.7;
7. *Tecrostar*, *Adjustable Mezzanine by Tecrostar Adds Additional Space to Small Apartment*, 29.04.2019 [электронный ресурс]. URL: www.homecrux.com (дата обращения: 19.11.2023);
8. *Вилла Верде Жилье в Чили*, 29.11.2013 [электронный ресурс]. URL: www.archdaily.com (дата обращения: 19.11.2023);
9. *Expandable House, Urban Rural Systems*, 03.04.2018 [электронный ресурс]. URL: www.archdaily.com (дата

- обращения: 19.11.2023);
10. Expandable House part 2, Urban Rural Systems, 26.02.2020 [электронный ресурс]. URL: www.archdaily.com (дата обращения: 19.11.2023);
 11. *Colquhoun A.*, Плато Бобур. В сборнике очерков архитектурной критики, Паб Блэк Дог, Лондон, 2009, С. 82–89;
 12. *Friedman A.*, «A Decision- Making Process for Choice of a Flexible Internal Partition,» Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 1992.

БИОНИКА В УСТОЙЧИВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕДИЦИНСКИХ ОБЪЕКТОВ: ОТ ЭКОЛОГИИ К ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Т.С. Лисина¹, О.Л. Банцерава²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹tanyalis@inbox.ru.

²olga.bancerova@gmail.com;

Аннотация

Статья рассматривает интеграцию принципов бионики в строительство медицинских объектов в парадигме устойчивого развития. Исследуются ключевые аспекты устойчивой архитектуры, в которой бионика занимает одно из лидирующих направлений. В статье также рассматриваются основные принципы и практические применения бионического подхода при проектировании зданий, включая инновационные методы, такие как нанотехнологии, технологии на основе использования –сверхгидрофобности растений, таких как лотос. Также в статье рассматриваются последние достижения в области использования грибного мицелия для создания экологически устойчивых строительных материалов. Анализируются методы, при помощи которых активно проводятся исследования по созданию новейших материалов и опытным путем выявляются тонкости образования их прочностных характеристик. Полученные результаты позволили выявить бионические принципы проектирования медицинских объектов и поставили в центр внимания потенциал бионики и новейших технологий в создании экологически безопасных и энергоэффективных объектов, подчеркивая их важность в контексте устойчивого развития здравоохранения.

Ключевые слова: бионика, устойчивая архитектура, медицинские объекты, экологизация, энергоэффективность, принципы бионики, инновации в архитектуре.

ВВЕДЕНИЕ

В современном строительстве возрастает интерес к устойчивому развитию, особенно в контексте архитектуры. В последние десятилетия индустрия строительства переосмысливает свои подходы, нацеливаясь на создание устойчивых и энергоэффективных объектов. Один из значительных трендов в этой области - использование принципов бионики при проектировании. Бионика представляет собой науку, изучающую природные системы, их структуры, функции и процессы, с целью создания инновационных технических решений на основе природных принципов. Внедрение бионики в устойчивое строительство медицинских объектов позволит разрабатывать здания, которые эффективно сочетают функциональность и экологическую безопасность при минимальных энергозатратах.

Исследование направлено на выявление потенциала бионики в создании устойчивых медицинских сооружений, включая их экологическую адаптацию и повышение энергоэффективности. С увеличением потребности в медицинских объектах и растущим вниманием к экологическим вопросам, разработка методов, объединяющих эти аспекты, становится актуальной задачей.

Исследование тесно связано с важнейшими задачами современного строительства и развитием медицинской инфраструктуры. Прирост медицинских объектов влечет за собой повышенный спрос на устойчивые, эффективные по использованию ресурсов и экологически безопасные строения. Применение бионических принципов в данном контексте не только отвечает вызовам современности, но и открывает новые перспективы для развития строительной отрасли и обеспечения развития медицинских учреждений в будущем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данное исследование основывается на анализе существующих теоретических трудов в области архитектуры, а также на изучении передовых технологий в области энергосбережения. В рамках исследования применяется метод сравнительного анализа, охватывающий области бионики и устойчивого строительства, с целью выявления сходств, различий и ключевых аспектов, обосновывающие поставленные цели исследования. На основе выявленных особенностей формулируются бионические принципы проектирования медицинских объектов, учитывая их специфические требования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ примеров применения бионики в устойчивом строительстве показал следующее. Так в работе "Архитектура и бионика" известного советского архитектора Ю.С.Лебедева поднимается важный вопрос об использовании принципов бионики в архитектуре, особенно в контексте работы конструкций, называемых "оболочками-скорлупами"[1]. Автор подчеркивает, что в природе этот принцип проявляется в форме равномерного распределения напряжений по всему сечению таких конструкций. Оболочкам предъявляются специфические требования, такие как жесткость материала, пространственно-изогнутая форма, минимальная толщина по отношению к пролетам и равномерность толщины по всей поверхности. Они обладают свойством распределять усилия равномерно в продольном и поперечном направлениях. Важным аспектом механики оболочек является их состояние напряженной мембраны при симметричной нагрузке. Кроме того, даже ребристые криволинейные системы могут содержать элементы оболочек, и принцип их работы может быть применен как к конструкции в целом, так и к ее элементам.

Исследование показывает, что принципы механики оболочек предоставляют эффективные решения для современной архитектуры. Таким образом, интеграция бионических принципов, вдохновленных природными структурами, такими, как скорлупа птичьего яйца в проектирование и строительство медицинских объектов может привести к созданию инновационных, устойчивых и функциональных сооружений, удовлетворяющих высоким стандартам безопасности и эффективности в медицинской сфере. Это позволит экономить строительные материалы, снижать затраты на строительство и создавать легкие конструкции без ущерба для их прочности. Кроме того, бионические формы архитектурных сооружений способствуют гармонизации с окружающей средой и благоприятно воздействуют на здоровье людей.

Научные исследования показывают, что природные системы могут служить отличным источником вдохновения для разработки энергоэффективных решений. Один из таких примеров – использование биомиметики. Например, форма и структура листа лотоса может послужить базисом для проектирования зданий с энергоэффективными фасадами. Лист лотоса обладает сверхгидрофобными свойствами, которые позволяют ему оставаться чистым, так как грязь и вода просто скатываются с его поверхности, не оставляя следов. Этот феномен известен как "эффект лотоса" и был открыт немецким ботаником Вильгельмом Бартлоттом в 1990-х годах (Рис.1).[2] В области медицинских сооружений такие инновационные подходы могут быть применены для повышения эффективности систем отопления и кондиционирования, обеспечивая тем самым оптимальные условия для пациентов и персонала. Эти технологии также могут применяться для обеспечения защиты фасадов медицинских зданий от влаги и загрязнений, что, в свою очередь, может снизить затраты на обслуживание и продлить срок службы зданий.

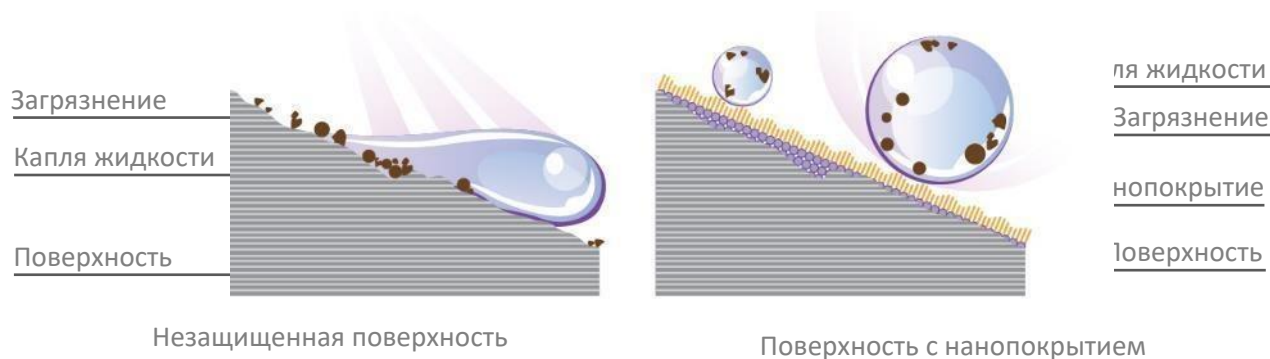


Рис. 1. Принцип взаимодействия нанопокрyтия и поверхности

Одной из историй успеха в области биомимикрии — это разработка материалов, инспирированных адгезией мидий (Рис. 2). Загадка того, как клей мидий может эффективно работать под водой, была разгадана благодаря исследованиям ученых из Университета POSTECH (Pohang University of Science and Technology), Чунгнамского национального университета в Корее (KAIST) и Центрального научно-исследовательского института кожи в Индии.[3] Был разработан метод синтеза липких белков мидий, которые являются основой "клея". Мидии удивительны своей способностью цепляться к различным поверхностям под водой, включая металлические корабли, деревянные столбы, камни и пластиковые буйки. Белки, полученные в результате этого исследования, обладают аналогичной адгезивной функцией, что позволяет им прилипать к разнообразным сухим и влажным поверхностям. Этот биомиметический материал уже нашел широкое применение в биомедицинских целях и подводной репарации, а планируется его дальнейшее расширение в будущем.



Рис. 2. Мидии прикрепленные к влажной поверхности скалы

Интеграция бионических принципов в проектирование медицинских объектов может включать использование принципов растительной клетки для разработки многослойных материалов с высокой прочностью и отличными теплозащитными свойствами. Примером такого подхода служит ряд статей размещенных на платформе ResearchGate, где проведен обзор существующих исследований в области растительной бионики и их потенциала для обеспечения энергосбережения в строительстве.[14] Авторы выделяют уникальные свойства растений, такие как самонаклонение, самоочищение и светорассеивание, которые

могут успешно применяться для создания инновационных строительных материалов в рамках медицинских сооружений.

Другим примером адаптации бионики в устойчивом строительстве медицинских объектов является использование биологических материалов для создания энергоэффективных систем. Многие строительные компании, такие как Mycoworks, OfficinaCorpuscoli, Mogu, The Living, Ecovative, SebastianCox, NinaIvanova, активно проводят исследования по применению грибного мицелия для создания инновационных, экологически чистых строительных материалов, мебели и дизайнерских элементов (Рис.2).[10] Основная идея данного направления исследований базируется на способности грибного мицелия выступать в роли клея при прикреплении к субстрату, что позволяет использовать грибы в качестве строительного материала с уникальными свойствами.



Рис. 3. Строительные материалы на биологической основе

Результаты исследований показывают, что грибные блоки обладают рядом преимуществ перед традиционными строительными материалами:

1. Прочность на давление: превосходит бетонные блоки.
2. Высокая устойчивость при землетрясении: без использования стали, что представляет значительное экологическое преимущество.
3. Теплоизоляционные свойства: выше, чем у стекловолокна.
4. Огнестойкость: не подвержены воспламенению при прямом контакте с огнем.
5. Легкий вес.
6. Полная биоразлагаемость.

Однако, следует отметить, что грибные материалы со временем теряют водонепроницаемость и становятся уязвимыми перед влагой и плесенью, аналогично необработанной древесине. Тем не менее, компания The Living совместно с проектом Ecovative построили первую в мире башню высотой 12 метров из 10 000 грибных кирпичей, продемонстрировав, что с учетом определенных условий применение грибных строительных материалов является технически и экологически обоснованным (Рис.3).[10]



Рис. 4. Башня из грибных кирпичей.

Исследования в области грибных стройматериалов также находят отклик в России. В 2019 году выпускница магистерской программы НИУ ВШЭ "Прототипирование городов будущего" Анна Будникова была отмечена премией Outstanding Science на саммите Biodesign Challenge за исследования микокарста.[10] Этот биоматериал, созданный из карстового композита и грибных спор, обладает уникальной способностью самовосстановления при воздействии влаги. Дополнительно, изучение влияния микокарста может включать в себя оценку его способности улучшать устойчивость строительных материалов к различным агентам разрушения, таким как влага, температурные колебания или химические воздействия. Это исследование может быть важным шагом в разработке новых, более устойчивых и экологически безопасных строительных материалов.

Пример естественного охлаждения в животном мире – термитники. Эти гигантские сооружения, достигающие высоты до 2 метров над землей, обладают эффективной системой кондиционирования воздуха (Рис. 5). Тепловизионные снимки и установка датчиков воздуха в термитниках позволили ученым изучить механизм вентиляционной системы этих построек. Ядро кургана представляет собой «дымовую трубу», соединенную с каналами по периметру. Днем воздух прогревается в трубе, создавая естественный тяговый поток в каналах, который охлаждает воздух. Ночью система вентиляции работает, наоборот, выводя нагретый воздух. Термиты также контролируют вентиляцию, закрывая каналы при изменении температуры.

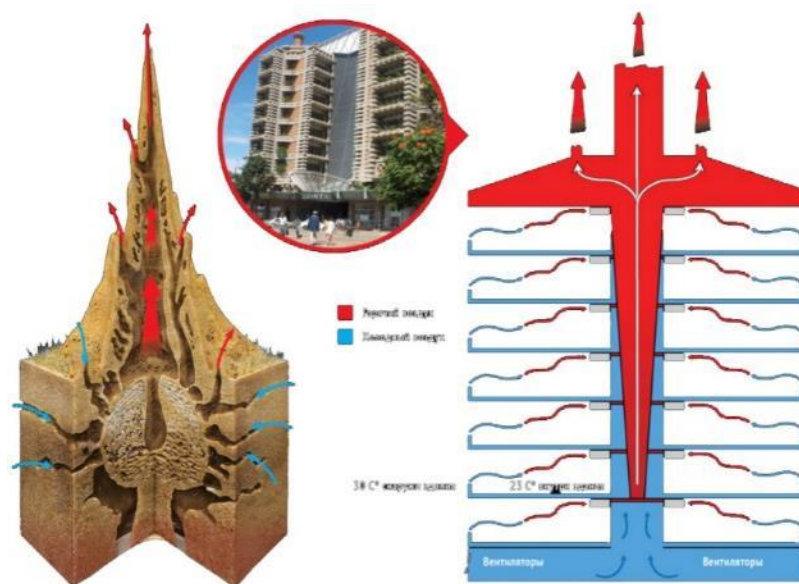


Рис. 5. Схема естественной вентиляции термитника и здания

Применение принципов бионики и инновационных строительных материалов может быть особенно перспективным в проектировании и строительстве зданий медицинских объектов. Было выявлено, как эти концепции могут быть успешно интегрированы в медицинские сооружения. Проектирование медицинских объектов, вдохновленное природой, открывает перспективы для создания более функциональных и гармоничных пространств. Применение бионических подходов позволяет достигнуть гибридных форм и структур, оптимизированных с учетом использования пространства и обеспечения комфорта для пользователей. Кроме того, грибные материалы могут быть внедрены в архитектурные элементы, обладающие уникальными свойствами, такими как звукопоглощение или регулирование влажности, что способствует созданию инновационных и адаптивных медицинских сооружений.

ВЫВОДЫ

В ходе исследования, посвященного применению принципов бионики в устойчивом строительстве медицинских объектов, были сделаны выводы подтверждающие актуальность и перспективность данной темы.

Анализ теоретических основ бионики и устойчивого строительства позволил выделить ключевые принципы, которые успешно могут применяться в проектировании и строительстве медицинских сооружений. В частности, принципы механики оболочек-скорлуп, энергоэффективных решений и их потенциального влияния на создание устойчивых и эффективных медицинских объектов на основе изучения природных биоаналогов.

Результаты исследования позволяют сделать следующие выводы:

- 1. Бионика как источник инноваций:** Принципы, вытекающие из природных систем, могут служить источником инноваций в устойчивом строительстве медицинских объектов, способствуя созданию эффективных и экологически безопасных сооружений.
- 2. Энергоэффективность и функциональность:** Применение бионических принципов позволяет создавать здания, которые сочетают в себе высокую функциональность и энергоэффективность, что особенно важно для медицинских учреждений.
- 3. Необходимость дальнейших исследований:** Результаты данного исследования подчеркивают важность дальнейших научных исследований в области бионики и устойчивого строительства, направленных на оптимизацию процессов проектирования и строительства медицинских объектов.
- 4. Перспективы применения в практике:** Внедрение бионических подходов в практику строительства медицинских объектов может значительно улучшить их характеристики, обеспечивая при этом соблюдение высоких стандартов безопасности и эффективности.

Развитие бионических подходов в строительстве медицинских объектов является важным направлением для инновационного развития современной архитектуры и строительной индустрии. Изучение теоретических работ в выбранной области демонстрирует то, что бионика в устойчивой архитектуре становится значимым фактором, и обеспечивает инновационные решения, основанные на биологических принципах, что в свою очередь, способствует эффективному взаимодействию с окружающей средой.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лебедев Ю.С.* Архитектурная бионика. – М.: Стройиздат, 1990.
2. *Балабанов В.И.* Нанотехнологии. Наука будущего. – М.: ЭКСМО, 2009.
3. [Pohang University of Science and Technology. Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://international.postech.ac.kr/>. Дата обращения: 10.12.2023.
4. [Environment and Ecology. All Rights Reserved. Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.environment-ecology.com/>. Дата обращения: 10.12.2023.
5. *Villesenor D.* Architecture and nature. New York: Rizzoli, 2015. 334 p.
6. *Маяцкая И.А.* О возможности совершенствования строительных конструкций с учетом бионических

- принципов [Текст] // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия «Строительство и архитектура». — 2016. — Вып. 45. — С. 27–36.
7. Солтахматова, Л. Т. Экологическое мышление личности как философская и психолого-педагогическая проблема / Л. Т. Солтахматова. – Текст : непосредственный // Мир науки, культуры, образования. – 2015. – № 2 (51). – С. 275–276.
 8. Леонов В. В., Седых В. Н., Новиков С. В., Денисов В. Ю. Экологическая безопасность при строительстве объектов в городе Москве. / В. В. - (Безопасность среды обитания). - Текст : непосредственный // БСТ: бюллетень строительной техники. - 2012. - № 5. - С. 44-49 : ил. - Библиогр.: с. 49 (6 назв.). - ISSN 0007-7690.
 9. [Архитектурная бионика. Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.archi-tec.ru/>. Дата обращения: 10.12.2023.
 10. [Arhitekto: портал по архитектуре. Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.arhitekto.ru/>. Дата обращения: 10.12.2023.
 11. Архитектура и градостроительство. Энциклопедия. Гл. ред. А.В. Иконников / РААСН, НИИТАГ. – М., 2001. – 688 с. 5. Велев, П. Города будущего. – М., 1985. – С. 7.
 12. Маилов, С.А. Социально-экологический аспект архитектуры будущего. Вопросы социэкологии. Материалы первой Всесоюзной конференции «Проблемы социальной экологии» (Львов, 1 – 3 окт. 1986 г.). – Львов, 1987, – С. 229 – 236.
 13. Велев, П. Города будущего. – М., 1985. – С. 7.
 14. [Архитектурная бионика. Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.researchgate.net/>. Дата обращения: 13.12.2023.
 15. [Демина Е.Н. Исследовательская работа на тему «Бионика в архитектуре: природа – строитель, человек – подражатель?» Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://denegnik.com/reklama-v-internetekak-zarabotat/>. Дата обращения: 10.12.2023.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРИРОДНО-РЕКРЕАЦИОННОГО КАРКАСА НА ОСНОВЕ ДОЛИН МАЛЫХ РЕК (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ИЖЕВСК)

К.И. Салихова¹, Н.В. Бакаева²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹salikhova.karina.99@mail.ru

²natbak@mail.ru

Аннотация

В данной статье рассматривается проблема формирования природно-рекреационного каркаса вдоль долин малых рек города Ижевска. Отмечается важность создания объединенной системы зеленых и водных зон в городском округе для улучшения экологической обстановки и обеспечения горожанам доступа к природным ресурсам рядом с местом проживания. Основное внимание уделяется развитию экологической инфраструктуры с целью снижения негативного влияния человеческой деятельности и формирования комфортного микроклимата в городе. Исследование предлагает создание природно-рекреационного каркаса общегородского уровня с площадными и линейными элементами, играющими роль буферных зон в экологическом каркасе региона. Акцент сделан на возрождении долин малых рек с предложением преобразования их в природно-рекреационные маршруты.

ВВЕДЕНИЕ

Единая система зеленых и водных пространств пронизывает городские территории, обеспечивая, таким образом, доступ горожанам к природным объектам, и является основой природно-рекреационного каркаса города. Развитие экологической инфраструктуры в составе зеленых и водных пространств снижает вредное воздействие человеческой деятельности на окружающую среду благодаря проветриванию территории, улучшению качества воздуха и созданию более комфортного микроклимата. Кроме того, возрастает значение рекреационных зон как средства снятия психологической и физической нагрузки, восстановления работоспособности и укрепления здоровья населения [1].

В соответствии с градостроительной документацией территориального планирования в пределах городского округа должен формироваться природно-рекреационный каркас, элементы которого будут выступать буферными территориями в экологическом каркасе региона. В структуре природно-рекреационного каркаса городского округа выделяются площадные (большие и малые ядра) и линейно-вытянутые элементы (большие и малые природно-рекреационные коридоры). Превращение долин малых рек в природно-рекреационные коридоры городского округа связано с их ревитализацией.

На данный момент для большинства городских территорий в отсутствие механизмов правового и градостроительного регулирования возникает экологическая проблема замусоривания пойм рек, а также проблема градостроительного регулирования состояния прибрежных зон в связи с нарушениями санитарно-гигиенических нормативов, создающее угрозу для экосистем и общественного здоровья.

Цель исследования: обоснование необходимости создания природно-рекреационного каркаса городского округа и непрерывных зеленых коридоров, проложенных по долинам малых рек (на примере г. Ижевск).

В контексте города Ижевск предлагается построить каркас ландшафтно-рекреационного или природно-рекреационного типа, который будет выполнять функцию «обслуживания, архитектурно-планировочного регулирования, обеспечения эстетического, санитарно-гигиенического, природоохранного, климаторегулирующего и биологического качества»[2]. Он будет сформирован на основе уже существующей природной системы -

непрерывно связанной системы водных и зеленых пространств - долин, рек, озер, лесов, лесопарков, лугов, парков, садов, скверов и т.д.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данном исследовании применяется комплексный и ландшафтно-экологический подходы в совокупности с некоторыми положениями концепции устойчивого развития, а также картографический метод для анализа благоприятных и неблагоприятных условий для развития рекреационного потенциала долин малых рек.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В городе Ижевске протекает 22 реки, каждая из которых сталкивается с общими проблемами: загрязнение воды, недостаточная очистка ливневых стоков с дорог и предприятий, эрозия почвы, образование оврагов и наличие свалок в речных долинах [1]. Прилегающие к малым рекам территории, которые могли бы стать городскими оазисами природы, сейчас заброшены, не ухожены и маргинализированы, а в некоторых случаях даже опасны. Жители города не могут пользоваться этими местами для отдыха или общения с природой, а также не могут использовать их для пеших или велосипедных прогулок, которые могли бы служить альтернативой автомобильным дорогам. Вместо того, чтобы воспринимать реки и их долины как ценное достояние для всего города, их часто воспринимают как препятствия.

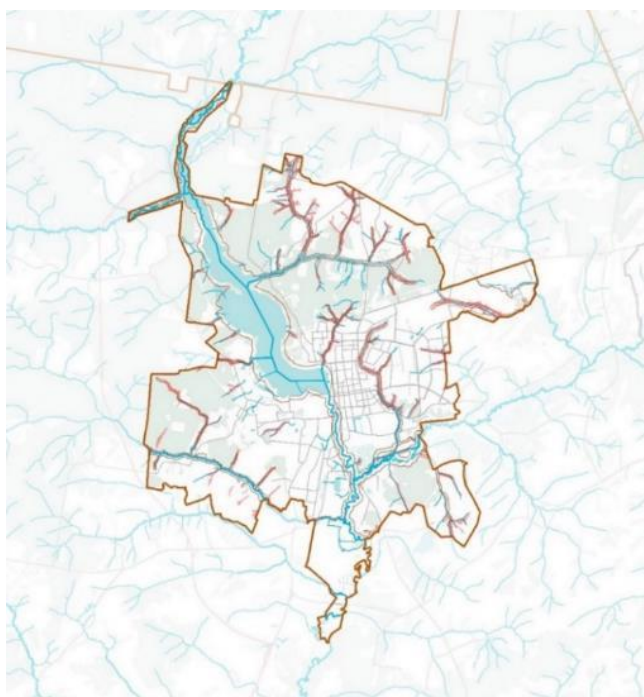


Рис. 1 -Водный каркас города Ижевска

Согласно градостроительной документации генерального плана города Ижевска для освоения территории долин рек необходимо учитывать комплекс ограничений, таких как зоны с особыми условиями использования территории (Приложение 1).

На данный момент территория русел рек подвержена влиянию прямых сбросов промышленности и коммунального хозяйства. Больше всего отходов сбрасывается в реки Иж, Старковка (Октябринка), Вожойка. Отсутствие механизмов правового и градостроительного регулирования влечет за собой замусоривание пойм и прибрежных зон, а также угрозу для экосистем и общественного здоровья.[1] На рисунке 2 представлена комплексная оценка всех экологических факторов, влияющих на ревитализацию территории долин рек с учетом карт медико-экологического атласа города Ижевска [2], в

которые входит анализ загрязнения атмосферного воздуха, суммарный показатель загрязненности почв, а также концентрация формальдегида и диоксида азота в долях ПДК.

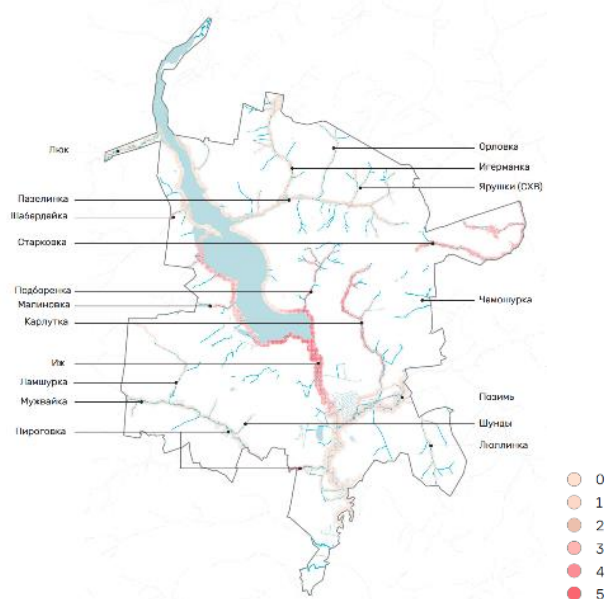


Рис. 2 -Комплексная оценка экологических факторов долин рек города Ижевска

Несмотря на большое количество лесов в городе, многие жители Ижевска (примерно 20 %), что составляет 66% населения Завьяловского района, живут далеко от зеленых зон, доступных для общественного использования. Зеленые насаждения, которые являются основой для создания сети зон отдыха, практически отсутствуют. Благоустроенные общественные пространства сконцентрированы преимущественно в центре города. В жилых районах общественные пространства развиты недостаточно. Большинству из них требуется благоустройство, чтобы полностью выполнять свои основные функции.

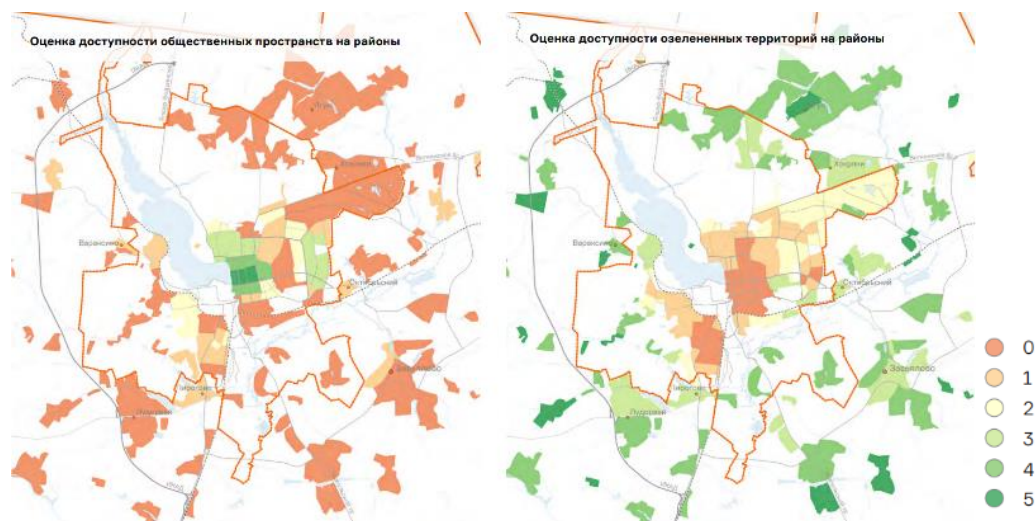


Рис. 3- Уровень благоустройства общественных пространств города Ижевска

Источник: Комплексный анализ Ижевск 2030 [1].

Малые реки несут сильную техногенную нагрузку, особенно реки, находящиеся частично или полностью в пределах урбанизированной территории. Гидрографическая сеть города Ижевска представлена рекой Иж (средняя по размерности речная система) и многочисленными крупными и мелкими ее притоками. Все они по общепринятой гидрографической классификации отнесены к малым водотокам, с подразделением на мельчайшие (длиной до 10 км), самые малые (10 - 25 км) и малые (26-100 км) реки. Перечень водотоков, протекающих в пределах Ижевска, приведен в таблице 1.

Табл. 1 – Перечень водотоков, протекающих через г. Ижевск

№	Название реки	Категория	Протяженность, км
1	Иж	Средние	259 (35)
2	Позимь	Малые	52 (9)
3	Люк	Малые	39 (5)
4	Мужвайка (Пироговка)	Малые	38 (8,5)
5	Пазелинка	Самые малые	12,8 (12,8)
6	Карлутка	Самые малые	12,4 (12,4)
7	Игерманка	Самые малые	10,7 (7,7)
8	Старковка (Октябринка)	Самые малые	10,5 (10,5)
9	Люллинка	Мельчайшие	8,6 (7,9)
10	Чемошурка	Мельчайшие	8,4 (2,4)
11	Ламшурка	Мельчайшие	6,2 (6,2)
12	Малиновка	Мельчайшие	5,7 (2,5)
13	Орловка	Мельчайшие	5,4 (5,4)
14	Тонковка (Смирновка)	Мельчайшие	5,1 (5,1)
15	Пионерчкий	Мельчайшие	4,6 (3,4)
16	Подборенка	Мельчайшие	4,9 (4,9)
17	Шабердейка	Мельчайшие	7,4 (2,4)
18	Ярушки (СХВ)	Мельчайшие	3,2 (3,2)
19	Ярушки (Пазелы)	Мельчайшие	3,0 (3,0)
20	Вожойка	Малые	34,0 (2,8)
21	Сепыч	Малые	29,0 (3,7)
22	Чумойка	Мельчайшие	8,7 (1,5)

Малыми реками можно назвать только реки Позимь, Люк, Мужвайка (в нижнем течении называется Пироговкой), Вожойку, Сепыч (длиной 26 - 100 км). Река Иж, имеющая общую протяженность в 259 км, является единственным водотоком средней длины (101 - 500 км). Большинство остальных рек и ручьев по общепринятой гидрографической классификации отнесены к мельчайшим (длиной до 10 км) и самым малым (10 - 25 км) водотокам.

В городе существует ряд инициатив, которые поддерживают развитие водного каркаса. Городские реки могут быть не только благоустроенными зонами для общественного пользования, но и служить в качестве “легких” города. Программы по восстановлению малых рек и русловых водоёмов были приняты во многих городах России (зачинателем выступила Москва с программой «Моя река»). В 2019 г. в Ижевске начала действовать общественная инициатива «Вернем реки городу», а также с 2020 года в ее рамках проходит научно-практическая программа «Друзья малых рек». Проект реализуется при поддержке Фонда президентских грантов. В 2019 году общественная инициатива «Вернем реки городу» объединила общественные силы вокруг реки Подборенки, которая на всем протяжении протекает по территории Ижевска. Проект стал одним из 26 лучших проектов городского развития, которые были отобраны из 280 заявок и вошли в программу «100 городских лидеров» Агентства стратегических инициатив при Президенте РФ. Инициативу поддержали в Администрации города и Правительстве Удмуртии. Согласно Генеральному плану 1934 года, прибрежные территории рек планировались как основные пространства для зеленых насаждений. Однако, в настоящее время, эти водные артерии заброшены и не используются городом. В ходе проекта “Вернем реки городу” разрабатывается проект мастер-плана для реки Подборенка, который включает очистку и улучшение территории, а также ее интеграцию в городскую инфраструктуру.

Река Иж пересекает всю территорию города с северо-запада на юго-восток и имеет протяженность в городской черте около 45 км, в том числе около 30 км собственно река, представляющая нижний бьеф Ижевского пруда (водохранилища). На территории города ниже пруда в реку Иж впадают р. Позимь с притоком Чемошурка, р. Карлутка, р. Пироговка. [3]

Речка Карлутка является правым притоком р. Позимь и относится к бассейну р. Иж. В водосборную площадь этой речной системы попадает центральная и южная части города. Река берет начало от родника, расположенного у трамвайного кольца по улице Дзержинского, протекает с севера на юг по городской территории и впадает в реку Позимь. Среднее течение речного русла приходится на наиболее плотно застроенную часть города Ижевска.

В бассейне реки расположены такие крупные предприятия как АО «Ижевский Радиозавод», АО «Ижевский Механический Завод», осуществляющие сбросы сточных вод в ее русло. Насчитывается 8 организованных выпусков (АО «Ижевский Механический Завод» - 2 выпуска; АО «Ижевский Радиозавод» - 5 выпусков; ливневая городская канализация – 1 выпуск). На склонах речной долины в ходе маршрутного исследования, были выявлены участки активного поверхностного стока в месте пересечения русла реки с улицей Ленина [5].



Рис. 3 – Фотофиксация речки Карлутки

Река Подборенка является левым притоком р. Иж. В бассейн этой речной системы попадает северо-западная часть г. Ижевска, река протекает по территории Октябрьского района города. Разрешенного сброса сточных вод в русло реки не осуществляется. Участков с активным склоновым стоком в ходе полевого обследования этого речного бассейна не обнаружено. Часть водосбора в среднем течении русла реки Подборенка относится к наиболее плотно застроенной городской территории.[5]



Рис. 4 – Фотофиксация реки Подборенки

Река Пироговка - правый приток р. Иж. Бассейн р. Пироговки располагается к юго-западу от г. Ижевска. Речной водосбор характеризуется достаточно высокой залесенностью, исключение составляет его часть, граничащая с Ижевском, из-за интенсивного хозяйственного освоения (гаражи, дачи и садово-огородные массивы) и строительства на прилегающей к городу территории. Поскольку естественные ландшафты речных долин города сильно изменены в результате планировки рельефа, строительства дорог, особое внимание при проведении границ водосборов обращалось на расположение дорожных водопропусков, пересекающих естественный речной водосбор. На участках неоднозначного проведения линии водораздела осуществлялось полевое обследование с уточнением пропуска речного стока под дорожной сетью. Крупных предприятий-водопользователей на водосборе р. Пироговка в пределах города нет, но река используется для орошения и в рекреационных целях населением города и его окрестностей. В русло реки осуществляется сброс сточных вод от ДОО «Спецгазавтотранс». Участок активного склонового стока обнаружен на правом берегу Пироговского пруда.[5]



Рис. 5 – Фотофиксация реки Пироговки

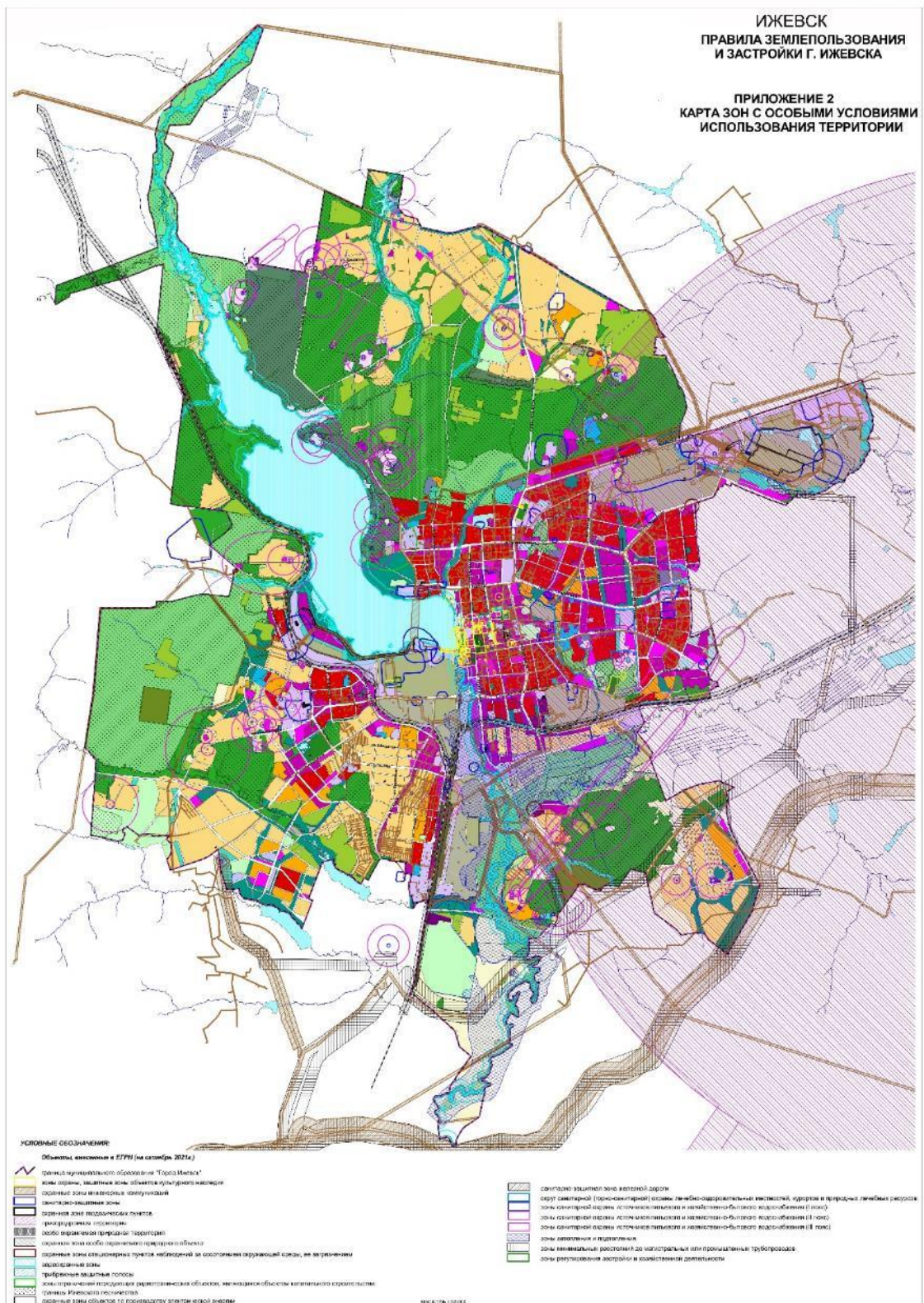


Рис. 7 – Карта зон с особыми условиями использования территории

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, городской округ должен иметь природно-рекреационный каркас с элементами, которые будут выполнять роль защитных зон в природном каркасе региона. Необходимость наличия рекреационных зон, расположенных вдоль малых рек города и требования к их непрерывности обусловлены не только экологическими и рекреационными потребностями города, но и вопросами безопасности.

Рассмотрены проблемы загрязнения пойм и нарушения санитарных норм в прибрежных зонах, отмечается их влияние на экологические системы и здоровье общества. Дана комплексная оценка состояния прибрежных территорий. Для этих территорий установлены градостроительные ограничения на ведение хозяйственной деятельности.

В контексте методологии исследования предлагается создание природно-рекреационного каркаса на основе существующей природной системы города, включая долины рек, озера, лесные массивы и другие зеленые территории.

Планирование и организацию рекреационных зон в Ижевске следует осуществлять в сочетании с природными элементами, такими как водоемы, лесные массивы и зеленые насаждения. Такой подход будет способствовать устойчивому развитию города и повысит его привлекательность для жителей. Решение многих экологических проблем может быть найдено путем интеграции рекреационных зеленых пространств в структуру города, рассматривая каждое из них по отдельности и вместе как единое целое.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комплексный анализ состояния городской среды / ООО «Новая Земля», Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» - АНО «Центр территориального развития Удмуртской Республики». - Электрон. дан. (1 файл: 18,5 Мбайт) - Ижевск, 08.07.2020
2. Медико-экологический атлас г.Ижевска: атлас/ Под ред. Семакиной А.В. – Ижевск, Издательский центр «Удмуртский университет», 2020г.-72с.
3. Генеральный план города Ижевска. URL: <http://www.izh.ru/i/info/14720.html> обращения: 15.03.2017) Стратегия пространственного развития Ижевской агломерации:
4. Казаков Н.А., Еремеева С.С., Караганова Н.Г., Михайлова Е.В. природно-рекреационный каркас городского округа и долины малых рек (на примере города чебоксары) // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 7. – С. 136-141;
5. Экология и природопользование на территории города Ижевска: Монография / Под ред. И.И. Рысина, О.Г. Барановой. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2018. – 272 с.

АРХИТЕКТУРА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ ОКЕАНАРИУМА

Адли Кямаля Вагифовна¹, Б.Л. Валкин²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

Аннотация

Данная статья рассматривает вопросы проектирования многофункционального комплекса на базе океанариума. Океанариумы являются объектами, имеющими большое значение как для сохранения и изучения морской фауны и флоры, так и для развития туризма.

В статье предлагается новый подход к проектированию многофункционального комплекса на базе океанариума с включением, помимо аквариумных залов, выставочных, образовательных, исследовательских, развлекательных функций.

Представлены принципы проектирования многофункционального комплекса на базе океанариума, обращающие внимание на эффективное использование пространства, сохранение экологической устойчивости и создание привлекательной архитектурной формы. Разработанный подход предлагает гармоничное сочетание функциональности и эстетики, что позволяет создать уникальное и запоминающееся пространство для посетителей.

Рассмотрены также примеры успешно реализованных проектов многофункциональных комплексов на базе океанариума, анализируя их преимущества и недостатки выделяются ключевые аспекты, которые следует учитывать при проектировании подобного объекта.

ВВЕДЕНИЕ

Современная архитектура стремится не только создавать эстетически привлекательные сооружения, но и удовлетворять множество потребностей общества. В этом контексте многофункциональные комплексы занимают особое место, предлагая разнообразные возможности в едином пространстве.

В данной статье рассмотрены проблемы проектирования многофункционального комплекса на базе океанариума. Многофункциональность океанариума построена на привлечении широкого спектра дополнительных функций, комбинаторика которых зависит от конкретных условий и требований проектирования. Стоят задачи эффективного использования пространства, сохранение экологической устойчивости и создание привлекательной архитектурной формы.

ЭЛЕМЕНТЫ СТРУКТУРЫ

Набор элементов структуры многофункционального комплекса на базе океанариума и их взаимосвязи могут отличаться, в зависимости от конкретной концепции и назначения комплекса. Образовательная, научная, музейная, развлекательная и другие функции могут дополнять основную в зависимости от целей и условий создания объекта.

Основная функция.

Аквариумы и бассейны для морских животных. Они являются главной частью океанариума и предназначены для хранения, выращивания и демонстрации различных видов морских животных. Основная зона состоит из следующих планировочных элементов:

- входная зона (главный вход в комплекс, вестибюль, гардероб, регистрационные столы, кассы для приобретения билетов, информационный пункт, санузел, помещение охраны),
- экспозиционная зона аквариумов,
- лаборатории и карантинные помещения для морских обитателей,

- технические службы, серверная,
- администрация, медпункт,
- парковка.

Выставочная функция.

Экспозиции и выставки, которые позволяют посетителям узнать больше о морских животных и их поведении, а также о природе и экологии морских экосистем. Интерактивные выставки, кино и видео-залы.

Образовательная функция.

Образовательная функция океанариумов не может быть переоценена. Океанариумы предоставляют возможность не только изучить морских животных и растения, но и понять, как они взаимодействуют между собой и с окружающей средой. Программы могут включать в себя лекции, семинары, инструменты для самостоятельного обучения и другие формы обучения, которые позволяют посетителям узнать больше о морской жизни, экосистемах и экологии, а также о том, как они могут помочь в сохранении морских экосистем. Внутренние пространства должны быть спланированы с учетом размещения информационных выставок, демонстрационных экспозиций и интерактивных инсталляций. Необходима отдельная программа для детей разных возрастов.

Исследовательская функция.

Программы направлены на изучение морской жизни и экосистем, проведение научных исследований, а также на сбор и анализ данных об экосистемах. Многие океанариумы активно занимаются исследованием морской жизни и морских экосистем, что позволяет не только расширить наши знания о мире вокруг нас, но и способствует развитию новых технологий и методов исследования. Многофункциональные комплексы могут предоставлять возможности для научных исследований и обмена знаниями между учеными разных стран. Кураторы и специалисты занимаются уходом за морскими животными, проведением экспериментов и исследований, а также обучением посетителей. Возможно устраивать реабилитационные площадки для травмированных или больных животных.

Развлекательная функция.

Существует множество программ этой направленности: - прогулки на лодках, катерах, яхтах в морской акватории (если океанариум расположен в прибрежной зоне) с лекциями о морских обитателях конкретного региона;

- подводные экскурсии с наблюдением за глубинной фауной и флорой;
- бассейны для плавания со стеклянным дном для наблюдения за жизнью морских обитателей;
- квесты разного рода;
- кино-фото материалы, дополняющие экспозицию;
- шоу-программы, внутренние пространства океанариума должны быть спланированы с учетом проведения шоу и представлений, включающих морских животных.
- детская комната с муляжами и фотографиями рыб и растений, рассказы и мифы о реально существующих и фантастических морских животных.
- магазины с товарами, связанными с морской тематикой, такие как книги, посуда, игрушки и сувениры.

Одним из главных преимуществ многофункциональных комплексов на базе океанариумов является их экономическая выгода. Такие комплексы могут привлечь больше инвестиций и способствовать развитию туристической индустрии в регионе, что в свою очередь приводит к росту экономики и созданию новых рабочих мест. В современном мире, когда увеличивается количество туристов и возрастает их потребность в новых впечатлениях и развлечениях, многофункциональные комплексы на базе океанариумов

могут стать привлекательным местом для проведения отдыха. Туристическая индустрия может стать дополнительным источником доходов для прибрежных регионов, где расположен океанариум.

Общественное питание.

Общественное питание в многофункциональном комплексе на базе океанариума представляет собой систему предоставления пищи и напитков для посетителей, находящихся внутри комплекса.

Возможность перекусить или пообедать во время посещения. Поэтому, общественное питание в многофункциональном комплексе на базе океанариума обычно включает в себя кафе, рестораны и фаст-фуд точки.

Само общественное питание может быть организовано как самообслуживание, где посетители самостоятельно выбирают и оплачивают блюда, так и обслуживание за столиками, где официанты принимают заказы и подают еду и напитки.

Общественное питание в многофункциональном комплексе на базе океанариума играет важную роль в создании комфортного и полноценного опыта посещения для посетителей. Это позволяет предложить разнообразные варианты питания и места, где посетители могут отдохнуть и насладиться своим временем в комплексе.

Зоны администрации, технических служб, вспомогательных помещений.

Зона администрации обычно включает в себя офисы и рабочие кабинеты для руководства и персонала, занятого организацией и управлением комплекса. В этих помещениях принимаются решения о распределении ресурсов, планировании событий и координации работы в разных отделах.

Технические службы отвечают за поддержание и обслуживание технического оборудования и систем комплекса. В эту зону входят помещения для инженеров и техников, ответственных за работу систем вентиляции, отопления, охлаждения, электричества, сигнализации и прочих технических систем.

Вспомогательные помещения предназначены для хранения оборудования, запасных частей, уборочных средств, инструментов и прочих материалов, необходимых для бесперебойной работы комплекса. В эти зоны могут входить склады, комнаты для уборки и обслуживания оборудования, комнаты для отдыха сотрудников.

Эти зоны играют важную роль в обеспечении хорошей работы и управления многофункциональным комплексом на базе океанариума. Они позволяют эффективно управлять ресурсами, обеспечивать бесперебойную работу и поддерживать техническое оборудование в исправном состоянии.

Зона благоустройства территории и парковок.

Зона благоустройства территории и парковок в многофункциональном комплексе на базе океанариума имеет важное значение для обеспечения комфорта и удобства посетителей. Эта зона включает в себя несколько аспектов:

Ландшафтный дизайн: Разработка привлекательного и ухоженного ландшафта вокруг комплекса является одним из ключевых аспектов. Возможно, будет создан парк с прудами, мостиками, зонами отдыха и участками для пикника. Важно учесть особенности региона, в котором располагается комплекс, и использовать растения, соответствующие данному климату. Организация зеленых насаждений, цветочных клумб, а также создание уютных и приятных мест отдыха. Здесь могут быть использованы различные виды растений, фонтаны, скульптуры и другие элементы, которые помогут создать приятную атмосферу и комфорт для посетителей.

Пешеходные зоны и дорожки: Необходимо предусмотреть удобные, безбарьерные и безопасные пешеходные зоны, и дорожки для посетителей всех возрастов комплекса. Устройство тротуаров, их освещение, а также наличие информационных указателей

являются важными аспектами благоустройства пешеходных зон. Это поможет им свободно перемещаться по территории, отдыхать и наслаждаться окружающей атмосферой. благоустройства пешеходных зон.

Малые архитектурные формы: Наличие достаточного количества скамеек и мусорных урн во всей территории комплекса играет важную роль в обеспечении удобства посетителей. Скамейки должны быть расположены на удобных местах, где люди могут отдохнуть и насладиться окружающей красотой. Мусорные урны должны быть установлены регулярно, чтобы поддерживать чистоту и порядок на территории.

Освещение: Необходимо предусмотреть при благоустройстве территории хорошую систему освещения. Она поможет сделать территорию безопасной и уютной в темное время суток, а также подчеркнет архитектурные и ландшафтные особенности комплекса.

Парковка: Организованность достаточного количества парковочных мест для автомобилей — это важный аспект при создании зоны благоустройства. Разработка удобной и функциональной системы с доступным въездом и выездом, а также хорошей освещенностью является необходимостью.

ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНАЯ СТРУКТУРА КОМПЛЕКСА

Примеры формирования объемно-пространственной композиции многофункциональных комплексов на базе океанариумов могут включать различные подходы к архитектурному проектированию и организации интерьерного пространства объекта. Это могут быть одиночные или блокированные строения. Возможно применение внутриобъектной унификации, стандартизации элементов, создание унифицированных блоков разного рода функциональной направленности для последующего расширения объекта.

Таким образом, можно выделить следующие варианты проектирования подобных комплексов:

- создание индивидуальных проектов,
- создание индивидуальных проектов с частичным использованием стандартизированных элементов,
- создание типовых архитектурных проектов.

АРХИТЕКТУРНЫЙ ОБРАЗ

Архитектура океанариумов может быть выполнена в различных стилях и формах, отражающих функции комплекса и окружающую среду. Одни океанариумы могут иметь современный, минималистический дизайн, в то время как другие могут быть выполнены в традиционном стиле, подчеркивая историю и культуру региона.

Используя вантовые, пневматические и другие большепролетные конструкции, можно создавать неповторимые, оригинальные по форме сооружения, что сделает подобные объекты доминантами окружающей среды. Несмотря на сложности технологии содержания и эксплуатации, возможно создание любых, самых экзотических и фантастических форм. Учитывая это, представляется целесообразным не прятать усложненную функцией форму, а использовать ее как инструмент повышения архитектурной выразительности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения исследования, посвященного архитектуре многофункционального комплекса на базе океанариума, были применены следующие методы и использованы соответствующие материалы.

1. Анализ существующих проектов. В начале исследования был проведен анализ уже существующих многофункциональных комплексов на базе океанариумов, включая их архитектурные особенности, функциональность и устойчивость. Для этого были использованы публикации, статьи, каталоги и другие источники информации, связанные с различными проектами океанариумов по всему миру.

2. Рассмотрены разнообразные виды деятельности и функции, необходимые для создания многофункционального комплекса на базе океанариума. В этом процессе были учтены требования посетителей, а также соображения охраны окружающей среды и сохранения морской флоры и фауны.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Табл. 1. Популярные архитектурные решения океанариумов.

Океанариум	Популярные архитектурные решения	Фото
<p>Аквариум – США, штат Джорджия (Georgia Aquarium)</p>	<p>Океанариум с современным архитектурным стилем. Главная особенность - огромный открытый бассейн, в котором можно увидеть редких и экзотических рыб и морских животных. Комплекс включает в себя 6 залов с различными экспозициями, включая галерею акул, тропические леса и реки, экспозицию, посвященную морским млекопитающим и другим морским животным.</p>	
<p>Приморский океанариум</p>	<p>Архитектурный образ океанариума вдохновлен морской природой и его целью является создание уникального опыта для посетителей. Внешний вид океанариума сочетает в себе гладкие кривые формы, напоминающие ракушку. Фасад здания может быть выполнен из прозрачного стекла или акрила, чтобы посетители могли наблюдать за жизнью подводного мира через большие витражные окна, создающие эффект погружения в океан, а также световые акценты, подчеркивающие красоту и разнообразие подводного мира. Экспозиционный корпус, стилизованный под раковину, стал произведением архитектурного и дизайнерского искусства. Здание поражает своими размерами: ширина 150</p>	

	метров, общая площадь около 35 тысяч квадратных метров.	
Океанариум в Москве, Россия	<p>Архитектурный образ океанариума представляет собой сочетание современного дизайна и экологической архитектуры. Авангардный дизайн сочетает в себе стекло, металл и стилизованных водорослей. Здание выполнено в форме гигантского аквариума, который простирается на 150 метров в длину и 60 метров в ширину. Внешний вид океанариума создан таким образом, чтобы напоминать морское дно и его обитателей. Это достигается благодаря использованию прозрачных стеклянных стен и крыши.</p>	
Аквариум Монтерей-Бей (Monterey Bay Aquarium)	<p>Океанариум с прекрасным сочетанием природных элементов и современной архитектуры. Использование стекла и дерева встречается повсюду, создавая приятную и естественную атмосферу. Внутренние и внешние аквариумы создают ощущение погружения в мир морских глубин. Архитектурное решение включает в себя использование мощных стеклянных стен, которые позволяют посетителям наблюдать за жизнью морского мира со всех сторон и наслаждаться непосредственным контактом с ними.</p>	 

Табл. 2. Многофункциональные комплексы с океанариумом по целевой направленности (общественные, научные, научно-образовательные);

Критерии	Конкретные объекты
<ul style="list-style-type: none"> научно-образовательная. Предлагает широкую программу научно-образовательных мероприятий, таких как лекции, семинары, показы фильмов;	Монтеррейский океанариум, расположенный в Монтерее, штат Калифорния, США.
<ul style="list-style-type: none"> научная. Сосредоточен на проведении исследований и научных экспериментов; Имеет сотрудничество с международными научными организациями.	Научно-исследовательский океанариум, Пекин, Китай
<ul style="list-style-type: none"> общественная. Основной акцент делает на популяризации морской жизни среди посетителей всех возрастов;	Мурманский океанариум, Россия
<ul style="list-style-type: none"> научно-образовательная Важной частью работы является исследование атлантических морских организмов и их влияния на окружающую среду; Предлагает интерактивные программы и выставки для посетителей.	Атлантический океанариум, Копенгаген, Дания
<ul style="list-style-type: none"> научно-образовательная Имеет самый большой аквариум в мире, в котором обитают тысячи видов морских животных; -Проводит образовательные мероприятия и программы для посетителей всех возрастов.	Дубайский океанариум, ОАЭ

Табл. 3. Океанариумы, присоединяющие к себе блоки различной функциональной направленности с океанариумом;

Океанариум	Местоположение	Функциональная направленность
Океанариум в Атланте	Атланта, США	Основной океанариум, дельфинарий, аквариум с морскими хищниками, образовательные программы.
Сингапурский океанариум	Сентоза, Сингапур	Океанариум с панорамным аквариумом, морская лаборатория, исследовательский центр, морские шоу и программы
Океанариум в Осаке	Осака, Япония	Основной океанариум, тропический лес, пингвинами, рестораны и магазины
Океанариум "Лисабонский океанариум"	Лиссабон, Португалия	Основной океанариум, дельфинарий, исследовательский центр, аквапарк
Океанариум "Морской мир"	Санкт-Петербург, Россия	Основной океанариум с панорамным аквариумом, дельфинарий, образовательные программы, морские шоу
Океанариум в Дубае	Дубай, ОАЭ	Океанариум с подводным тоннелем, круизные поездки по океану, рестораны и магазины

ВЫВОДЫ

Результаты исследования показали, что многофункциональные комплексы на базе океанариумов должны сочетать в себе несколько основных аспектов.

1. Комплексы должны быть экологически устойчивыми, учитывая особенности океанской среды. 2. Комплексы должны предоставлять возможность образования и популяризации наук о море и океане.

3. Комплексы должны быть удобными для посетителей и обеспечивать высокий уровень комфорта и безопасности.

4. Наличие разнообразных функций, таких как выставочная, образовательная, научно-исследовательская, развлекательная повышает привлекательность и экономическую состоятельность объекта.

5. Комплексы на основе океанариумов должны представлять собой оригинальные, запоминающиеся архитектурные объекты.

Анализ существующих проектов и предложение новых идей помогут архитекторам и дизайнерам в достижении баланса между функциональностью и эстетикой в проектировании многофункциональных комплексов на базе океанариума. Такие сооружения могут стать не только яркой достопримечательностью и привлекательным местом для туристов, но и важными центрами изучения и сохранения морской среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Попов, В.А.* Архитектура многофункционального комплекса на базе океанариума // *В.А.Попов* Архитектура и строительство. - 2015. - № 5. - С. 45-51.
2. *Куликов В.Г., Колесниченко М.П., Гаевец Е.С.* Проектирование технологий конструкционных теплоизоляционных пенокомпозигов // Научно-практический Интернет-журнал «Наука. Строительство. Образование». 2012. Вып. 1. Режим доступа: <http://www.nso-journal.ru>. Дата обращения: 29.04.12.
3. *Иванов, А.С.* Архитектурные особенности океанариумов как объектов многофункциональных комплексов / *А.С. Иванов* // Строительство и архитектура. - 2018. - № 7. - С. 78-84.
4. *Рубин М.М.* Организация пространственной структуры многофункционального комплекса с океанариумом: масштабирование и концептуальные подходы. Архитектура и строительство. - 2019. - №2. - С. 20-25.
5. *Гаврилов В.Н., Иванова О.А., Леонтьева С.С.* Основы проектирования океанариумов: Учебное пособие. - СПб.: Издательство Политехнического университета, 2011. - 176 с.
6. *Миронов И.В.* Технические аспекты проектирования океанариума в составе многофункционального комплекса. Зарубежная архитектура. - 2020. - №5. - С. 42-49.
7. *Барсегян А.А.* Архитектурные и инженерные аспекты организации многофункционального комплекса с океанариумом. - СПб.: Издательство "Наука и техника", 2012. - 176 с.

ИСТОРИКО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФРАГМЕНТА ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ Г.КАЗАНЬ. РЕВИТАЛИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ-ФАБРИКА АЛАФУЗОВА

А.В. Лебедева¹, Л.В. Анисимова²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹lebedeva.an2000@gmail.ru

²AnisimovaLV@mgsy.ru

Аннотация

Статья посвящена историко-генетическому анализу территории промышленной застройки льно-пряделной мануфактуры И.И. Алафузова в Казани. В результате утраты первоначальной функции мануфактура прекратила свое существование как промышленный объект. Изучение потенциала комплекса зданий фабрики для новых функций позволяет использовать их в соответствии с современными потребностями такими, как пространства для саморазвития, творчества и повышения культурной образованности, сохраняя их оригинальность и аутентичность. Внедрение новых функций имеет большое значение для сохранения и преобразования уникального исторического наследия города. Однако, инновационное архитектурное решение комплекса должно базироваться на сохранении «атмосферы места». Анализ конструктивных особенностей и поиск типологических требований для ревитализации объектов комплекса имеет важное значения для правильного выбора решений. Этот подход способствует бережному отношению к историческим зданиям и решают проблему сохранения архитектурного наследия.

Ключевые слова: ревитализация, реконструкция, промышленная архитектура, льно-пряделная мануфактура, комплекс разновременных построек.

ВВЕДЕНИЕ

Сохранение и развитие культурного, туристического и экономического потенциала российских городов направлено на обеспечение устойчивости и эффективности функционирования города. Особую ценность этому комплексу придает историческая подлинность объектов городской среды, сформированная ручными технологиями строительства. Однако, отсутствие современной инфраструктуры, повышающей качество жизни, ведет к стагнации и постепенной деградации фрагментов исторической застройки. Городская среда, превращенная в музейную экспозицию, малопривлекательна для инвестирования самих жителей. Внедрение технических и технологических новинок, обеспечивающих высокий уровень комфорта городской среды в историческом архитектурно-средовом окружении, наталкивается на множество ограничений, вызванных требованиями охраны ценного историко-культурного наследия.

Вопросам регенерации исторических объектов в городской среде посвящены работы Заграевского С.В., Ахмедовой Е.А., Волковой Т.Ф., Вавилонской Т.В. в которых отмечено, что торможение активных процессов регенерации среды вызвано отсутствием разработанной стратегии регенерации городов [1,2,3]. Активное освоение исторического наследия под новое функциональное наполнение приобрело широкий масштаб, однако стихийное развитие этого процесса может повредить сохранности объектов и искажению их внешнего облика.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Цель данного исследования заключается в проведении историко-генетического анализа территории льно-пряделной мануфактуры, а также в выявлении типологических требований и историко-культурных особенностей, которые определяют подходы к ревитализации, реконструкции и реставрации данного объекта в зависимости от его

конструктивных особенностей и исторической ценности. Методика выявления типологических требований основана на анализе исторически сложившихся культурных кодов и современных потребностях жителей и гостей города. Ее применение демонстрируется на примере исторического комплекса "Льно-комбината имени И.И. Алафузова" в городе Казани.

Развитие территории Ягодной слободы, на которой сейчас располагается фабрика И.И.Алафузова, взяло свое начало со времен Казанского ханства. Упоминается, что в XVI век здесь было образовано крупное татарское поселение именуемое Слобода Жилэкле тау («ягодная гора»), название которого произошло от находившегося на этом месте ранее дикого леса с ягодными полянами.

После покорения Казани в 1552 году, Иван Грозный передал селение с его угодьями во владение казанскому воеводе Петру Булгакову. Эти земли были заселены русскими переселенцами и стали известны как село "Ягодная Поляна".

С 1584 года эти места перешли во владение Казанской епархии, а селение Ягодная Поляна стало личным угодьем архиепископа Тихона. Примерно в то же время была построена Дмитриевская церковь, по которой село получило ещё одно свое название — Дмитриевское.

В середине XVIII века село вышло из числа вотчинных владений Казанской епархии и вновь стало называться селом Ягодным Паратской волости Казанского уезда.

В 1825 году 26 октября оно было включено в состав города и стало Ягодной слободой Казани. К тому времени здесь размещался кожевенный завод, который был крупнейшим в Казани и принадлежал Киприану Котелову (в 1812 г. на заводе действовало 4 чана, работало 54 рабочих, в год перерабатывалось 36500 кож, что было самым высоким показателем в Казани) [4,5].



Рис.1. Карта. Территория фабрики Алафузова. а-архивный план 1817г., б- архивный план 1879г. Источник: <https://retromap.ru/1418782>

Реконструкцию завода в Ягодной слободе начал Иван Иванович Алафузов, который, выкупив у «Товарищества Казанского кожевенного завода» предприятие Котеловых, энергично взялся за его модернизацию. Предприниматель построил рядом два новых дома: двухэтажный деревянный и трехэтажный деревянно-кирпичный. Новое текстильное производство, в отличие от кожевенного, разместили в каменном доме, специально отстроенном для этого в 1862 г.

Застройка Алафузовского промышленного комплекса в Казани велась постепенно, к 1870-му в Ягодной слободе сложился внутренний заводской двор. В центре двора стоял реконструированный дом бывшего владельца кожевенного завода Котелова. Там разместилась главная контора предприятия. Первый этаж дома был каменным, второй и третий этаж — деревянными. Рядом имелся небольшой садик. В первые десятилетия функционирования Алафузовских предприятий в Казани отсутствовали отдельные жилые

помещений. Часть рабочих и в 1870-е годы оставались на ночлег в производственных цехах. Но уже к 1873 году в фабрично-заводском дворе имелись так называемые «заводские спальни» (специальные жилые комнаты), но, очевидно, мест на всех не хватало.

К 1917 г. это было огромное промышленное предприятие, состоящее из более чем, трех десятков фабричных и заводских корпусов, конторы, жилых помещений, сторожек и ряда зданий, обслуживающих потребности нескольких тысяч рабочих и служащих.

Алафузовский промышленный гигант в начале XX века включал в себя главную контору, кожевенный и подошвенный заводы, ткацкую фабрику, юфтово-закройную, заготовочную, казенно-сапожную и обмундировальные мастерские, прядильное, химическое и белильное отделения, ремонтный корпус, казарменный корпус, слесарню, ясли сторожки и столовую [6,7].

После преждевременной кончины владельца фабрики в 1895 году производство продолжало исправно функционировать. К 1918 году, к началу национализации частного имущества Советской властью, промышленный комплекс Алафузова насчитывал 30 подразделений. В Октябрьскую революцию предприятие продолжало функционировать практически в том же режиме. До Великой Отечественной войны фабрика, как и прежде, осуществляла переработку льна, а после продолжала производство, но теперь уже перерабатывала шерсть - «Алафузовская» начала работать с шерстью для выпуска более дорогих и качественных изделий. Вещи, произведенные здесь, отличались высоким качеством и были востребованы на всей территории Советского Союза. В 1990-е году льнопрядильную фабрику переименовали в Казанский льнокомбинат, история которого закончилась в 2006 году банкротством. После промышленный комплекс несколько лет пустовал и находился в заброшенном состоянии до 2013 года, когда комплекс решил превратить в креативное лофт-пространство казанский предприниматель, клубный промоутер и энтузиаст Андрей Питулов. В 2015 году Андрей Питулов запустил «Фабрику Алафузова» в качестве ивент-площадки, где проходят разные мероприятия. Мероприятия тут проводят регулярно с лета 2015 года. Сейчас «Фабрика» вмещает в себя три репетиционных базы, два квеста: фотостудию секонд-хенд, кузницу и мастерскую по камню. А также множество помещений, в которых можно проводить самые разные мероприятия, в том числе концерты, выставки и мультитанцпольные вечеринки. [8]

Промышленная архитектура представляет собой важную составляющую городской инфраструктуры и играет значительную роль в формировании характера и облика городской среды Казани. Льно-прядильная мануфактура Алафузовых, основанная в середине XIX века и расположенная на берегу реки Казанки в Кировском районе города Казани, представляет собой важный исторический объект, который имеет большое значение для изучения истории и развития промышленности города. Этот промышленный комплекс не только отражает прошлое промышленного развития региона, но и обладает потенциалом стать объектом реставрации и превращения в культурно-исторический центр, способствующий сохранению исторического наследия и развитию общественных и культурных инициатив.

При изменении функционального назначения исторических архитектурных объектов, необходимо обеспечить сохранение ценности культурного наследия и уважительное отношение к первоначальной структуре. Метод "ревитализации" может быть использован для развития новых функциональных возможностей исторических комплексов без нарушения их первоначальной архитектурной целостности. Для объектов, лишенных конструктивной целостности, возможно применение метода "реконструкции", который предполагает замену утраченных элементов конструкции, а также метода "реновации", осуществляемого путем изменения функционального назначения без изменения основной структуры. [9,10] При «регенерации» производится комплекс мер по восстановлению утраченных частей композиционной целостности фрагментов исторической застройки городов и интеграция бывших промышленных территорий в структуру города. Термин «регенерация» был закреплен в 2002 году Федеральным законом «Об объектах культурного

наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25.06.2002 [11].

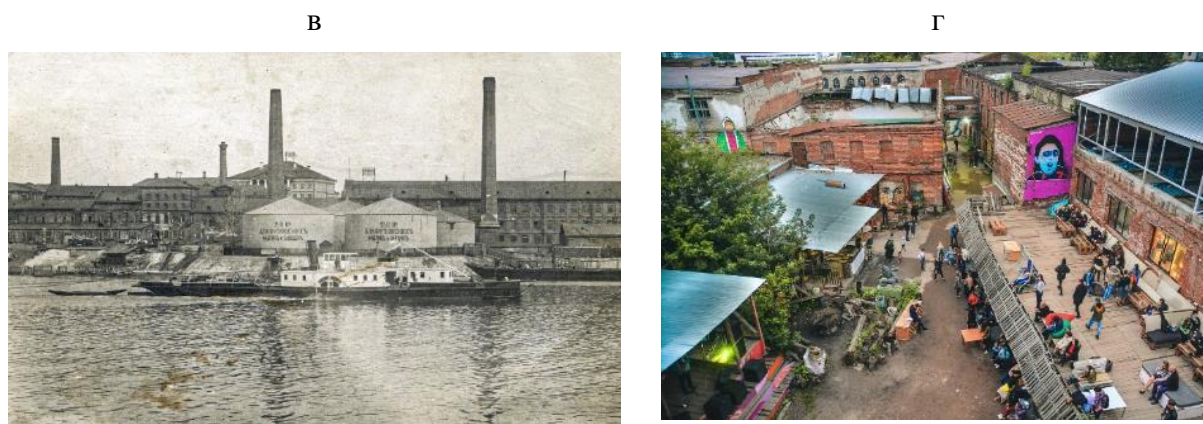


Рис.2. Льно-прядельная мануфактура И.И.Алафузова. в-фабрика XIXвек. Источник: <https://chronograph.livejournal.com/353484.html>, г-фабрика в наши дни. Источник: https://redeveloper.ru/redeveloperskie-proekty/realise_actual/fabrika-alafuzova-kazan-respublika-tatarstan-rossiya/

Изучение исторических источников показывает, что фабрика за время своего существования прошла несколько этапов рефункционализации, адаптируясь под современные требования общества и следуя тенденциям времени. Первые реконструкции, модернизации, переоснащение и смена функции произошли в 1862 году, когда И.И. Алафузов выкупил кожевенный завод у Котеловых и основал новое текстильное производство, которое со временем разрослось до комплекса зданий. После завершения штатного функционирования и завершения работы фабрики в 2006 году произошел простой и заброшенность данных промышленных зданий вплоть до 2013 года. В 2015 году часть зданий фабрики Алафузова открылась для посещения в виде многофункциональных арт-пространств для посещения любому желающему. Здесь расположено множество арт-пространств, где художники могут применить свою фантазию и навыки, создавая еще один объект притяжения, что способствует развитию и часто сменяющимся пространствам для проведения фотосессии, также здесь проходят различные тематические выставки, показ мод, лектории, что способствует эстетическому и культурному развитию. Однако, стихийное освоение послепромышленного пространства, не имеющего объединяющей концепции и научного подхода может разрушить целостность комплекса и постепенно стереть его историю.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате изученных архивных, исторических материалов и натурного анализа зданий фабрики Алафузова авторами было выявлено, что исторический комплекс состоит из 15 разновременных построек XIX века из красного кирпича с различными конструктивными системами, которые несут в себе историческую и архитектурно-художественную ценность, в том числе два объекта культурного наследия федерального и регионального значения: производственный (ткацкий) корпус и Дом Котелова.

История льно-прядельной мануфактуры И.И.Алафузова начинается с 1862 года, но несколько первых корпусов на тот момент были построены до этого для кожевенного завода Котеловых.

Таким образом на данный момент на территории фабрики располагаются такие корпуса, как:

Кузница, построенная в начале XIX века. Расположена во внутреннем дворе. Одноэтажное, кирпичное. Второй этаж надстроили в середине XX века и соединили переходом с палетной. В конце XIX века пристроили строгальный двухэтажный корпус с северного и западного фасадов. Вероятно, позднее выполнял функцию кузницы, первоначальная функция неизвестна.

Дом Котелова, построенный в 1833 году. Расположен во внутреннем дворе фабрики. Является объектом культурного наследия федерального значения. Архитектор П.Г. Пятницкий. Трехэтажный, первый этаж сделан из камня, второй и третий —деревянные. В середине XIX века был надстроен третий этаж. Первый этаж выполнял функции конторы, верхние два- жилую.

Ткацкий корпус, построенный в 1865 году, расположен вдоль старого русла Казанки. Объект культурного наследия регионального значения. Трехэтажный, из кирпича. В XIX веке к зданию по всему периметру был сделан трехэтажный пристрой. Здание выполняло производственную функцию, до советского периода-ткацкое производство, во время-красильно-пропиточный цех.

Казармы, построенные в 1870 году, которые расположены вдоль улицы Гладилова, выполненные из кирпича с трехэтажным кирпичным пристроем, служившее изначально жильем фабричным рабочим, а в советское время швейной фабрикой.

Дубильный корпус, построенный в 1970 году. Расположен перпендикулярно старому руслу Казанки, примыкает к палетному корпусу. Двухэтажное здание, на верхнем этаже было расположено сушило для кож, позже достроили третий этаж. Кирпичное.

Дубильный корпус, построенный в 1873 году. Расположен перпендикулярно старому руслу Казанки, примыкает к дубильному корпусу. Трехэтажный, первые два этажа из кирпича, третий деревянный. Выполнял производственную функцию-кожевенное производство.

Кардный корпус, построенный в 1889 году, расположенный вдоль берега старого русла Казанки. Трехэтажный из кирпича, к которому в 1898 году с юго-западной стороны добавили одноэтажный пристрой, а в середине XX века надстроили четвёртый этаж. Здание выполняло производственную функцию изначально в нем располагалось кардное производство, в советский период сменилось ткацким.

Прядильный корпус, построенный в 1895 году, расположенный вдоль старого русла Казанки. Трехэтажный из кирпича, является продолжением кардного корпуса, в советское время надстроили четвертый этаж. Являлось производственным, до советского периода здесь располагалось прядильное производство, во время-ткацкое.

Котельная, построенная в конце XIX века. Одноэтажное, сделано из кирпича, с пристроями разной этажности, с одной стороны соединено переходом с кардовым корпусом. До советских времен-котельная, во время и на данный момент-кузница.

Дымовая труба, построена в 1895 году, 43 м в высоту из кирпича, относится к котельной.

Электрическая станция, построена в 1898 году, расположено вдоль старого русла Казанки. Одноэтажное, кирпичное здание. Позже был надстроен второй этаж.

Палетный корпус, построенный в конце XIX века. Расположен перпендикулярно старому руслу Казанки. Трехэтажный, из кирпича. Здание выполняло производственную функцию, здесь размещалась палетная.

Дубильный корпус, построенный в конце XIX века. Расположен перпендикулярно старому руслу Казанки. Одним фасадом примыкает к дубильному корпусу, а другим выходит на улицу Гладилова. Трехэтажный, первые два этажа из кирпича, третий деревянный. Выполнял производственную функцию-кожевенное производство.

Слесарный корпус, построенный в конце XIX века. Расположен вдоль улицы Гладилова. Одним торцом примыкает к дубильному корпусу, другим к-к прядильному цеху. Трехэтажный из кирпича. Выполнял производственную функцию.

Строгальный корпус, построенный в конце XIX века. Двухэтажный, кирпичный. Двумя фасадами примыкает к корпусу кузницы. Первоначально выполнял функцию строгального корпуса. [12]

Исходя из этого можно выявить, что современное арт-пространство «фабрика Алафузова» предоставляет открытый доступ и располагает помещениями для различных мероприятий в таких корпусах, как: дубильный, 1870 г., дубильный, 1873 г., дубильный, конец XIX в., слесарный, конец XIX в., кузница, конец XIX в. и дополнительные хозяйственные пристройки.

ВЫВОДЫ

На территории фабрики расположены пятнадцать объектов исторического комплекса. Как музейные пространства могут функционировать два объекта культурного наследия федерального значения — дом Котелова и регионального — производственный корпус. Здания казарм, 1870 г., слесарного корпуса, конец XIX века, дубильного корпуса, конец XIX века могут использоваться в режиме особых ограничений с функцией, не разрушающей исходный исторический код. Также, поддав реконструкции необходимых частей, можно сохранить дымовую трубу, 1895 г., как арт-объект, который несет в себе историческую значимость данного места. Остальные здания могут достраиваться и перестраиваться, как это происходило на протяжении всего пути существования фабрики, так как не несут особой историко-культурной ценности. [12]

Казанский льнокомбинат имени Алафузова представляет собой уникальный объект исторического и промышленного значения. Его эволюция от промышленного комплекса до культурного многофункционального центра является интересным примером трансформации промышленных объектов в современной среде. Такие преобразования способствуют сохранению исторических памятников и одновременно открывают новые возможности для использования пространств в соответствии с текущими потребностями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Akhmedova E.A. Concept of reconstruction and new construction within the boundaries of the historic center of The City of Samara / E. A. Akhmedova, T.V. Babylonskaya, T.V. Karakova // SamArch. – 2001. - No 1 (9).
2. Babylonskaya T.V. Strategy for the renewal of architectural and historical environment: monograph / T.V. Babylonskaya (Baranova). – Samgasu: Samara, 2008. – p. 368
3. Volkova, T.F. Formation of the Klyuchevsky Street Reserve Area in Penza [Electronic Resource]: Electronic Journal "Diary of Science", 2019, No.12. -Access mode: <http://dnevniknauki.ru/images/publications/2019/12/art/Volkova.pdf>
4. Ягодная слобода. [Электронный ресурс] режим доступа: <http://www.xn----8sbarmcoc4aba.xn--p1ai/clobody/21-yaгодnaya-sloboda>
5. Ягодная слобода. История. [Электронный ресурс] режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%B4%D0%B0_\(%D0%9A%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D0%BD%D1%8C\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%B4%D0%B0_(%D0%9A%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D0%BD%D1%8C))
6. Фабрика Алафузова, Казань, Республика Татарстан, Россия [Электронный ресурс] режим доступа: https://redeveloper.ru/redeveloperskie-proekty/realise_actual/fabrika-alafuzova-kazan-respublika-tatarstan-rossiya/
7. Алафузовские фабрики: как строилась империя знаменитого казанского промышленника. [Электронный ресурс] режим доступа: <https://realnoevremya.ru/articles/199160-alafuzovskie-fabriki-kak-stroilas-imperiya-ivana-ivanovicha>
8. *Алексеева Е.В.* Индустриальное наследие: видовое разнообразие, пути и способы перепрофилирования / Е. В. Алексеева // Уральский исторический вестник. – 2021. – №2(71). – С.46–54.
9. *Анисимова Л.В.* Типологические требования к регенерации объектов историко-культурного наследия [Электронный ресурс]/Вестник Вологодского Государственного Университета. Научный журнал – 2018.
10. *Анисимова Л.В.* Методические основы регенерации исторической городской среды [Текст]: учебное пособие/ Л.В. Анисимова, Л.Ю. Анисимов, Е.Н. Титоренко, В.Ю. Анисимов; под ред. Л.В. Анисимовой; М-во обр. и науки РФ; Вологод. гос. ун-т. – Вологда: ВоГУ, 2017. – 97с.
11. Федеральный закон «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25.06.2002 N 73-ФЗ ст. 34 (ред. от 29.12.2017), ст. 45 (ред. от 29.12.2017) [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://fzrf.su/zakon/ob-obektah-kulturnogo-naslediya-narodov-rf-73>

- fz/
12. Льно-прядельная мануфактура Алафузовых. Современное состояние промышленного комплекса XIX в. [Электронный ресурс] режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/lno-pryadilnaya-manufaktura-alafuzovyh-sovremennoe-sostoyanie-promyshlennogo-kompleksa-xix-v/viewer>

К ВОПРОСУ О РОЛИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АРХИТЕКТУРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОВ

Е.С. Шафрай¹

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
ShafrayES@mgsu.ru*

Аннотация

В статье рассматриваются цифровые компьютерные технологии с точки зрения их использования в сфере архитектуры, для презентации проектов, а также для проектирования, трехмерного моделирования. Приведен краткий обзор технологий, таких как виртуальная реальность VR и аддитивные технологии (3D принтинг), которые способствуют большей эффективности и эффектности представления проектов. Для реализации образной, художественной архитектурной идеи требуется знание и владение многими инструментами, кастомизация этих инструментов для создания индивидуальных, оригинальных объемных решений и архитектурных элементов. В статье рассмотрены отдельные примеры, выполненные в рамках учебного процесса, и описаны некоторые основные инструменты (в Renga и других программах). Надеемся, что интерес студентов к компьютерным технологиям, начиная с изучения базовых инструментов до нестандартных, кастомизации и создания индивидуальных элементов, поможет создавать и реализовать любые задуманные архитектурные решения.

ВВЕДЕНИЕ

Архитектура как сфера деятельности на стыке искусства и инженерии, всегда была связана и с художественной составляющей, поиском художественной выразительности, красотой и гармонией, и с технической составляющей, включая конструктивную и инженерную проработку, выбор материалов, использование технологий.

Современные компьютерные технологии постоянно развиваются, они влияют на процесс архитектурного проектирования на практике и в архитектурном образовании. В существующей литературе многосторонне и детально рассматриваются многие проблемы и вопросы. Хотелось бы, в частности, выделить такие аспекты, как влияние компьютерных методов на проектный процесс – в статье [1], сочетание художественной и компьютерной графики в проектировании и образовании – в статье [2], применение компьютерных средств в архитектурном проектировании и в строительной отрасли – [3, 4], средства выразительности архитектуры в цифровую эпоху [5], параметрическая архитектура и ее возможности в творческом процессе – [6, 7], архитектура и новые цифровые методы – [8], и другие аспекты. Исходя из обзора литературных источников и в целом можно отметить, что появление новых технологий и развитие современных цифровых технологий в мире и в России происходит стремительно, поэтому сложно прогнозировать их степень влияния на сферу архитектуры.

В данной статье обсуждаются некоторые вопросы, связанные с ролью компьютерных технологий для представления и презентации проектов, в частности, использование технологий виртуальной реальности VR и 3D принтинга. Также обсуждается первый опыт использования отечественной программы проектирования студентами третьего курса.

В настоящее время в нашей стране цифровизация в строительной отрасли и архитектуре приобретает важное значение, при этом особое внимание уделяется использованию отечественного программного обеспечения (программа «Цифровая экономика Российской Федерации»). Определена нормативная и правовая база по созданию цифровой информационной модели (ЦИМ), цифровых двойников для города и для здания

[9, 10]. Изучение новых отечественных цифровых инструментов, их интеграция и в образовательный процесс в том числе является актуальным направлением.

Как для архитектора, так и для обучающегося, компьютерные средства проектирования – это только инструмент для достижения образности, задач архитектурно-художественной выразительности, а также учета комплекса условий для создания комфортных для человека зданий и пространств. Роль художественного и объемного мышления, ручной графики, эскизов, макетирования при создании образного решения здания является основополагающей.

Использование различных компьютерных программ для проектирования требует хорошего знания многих доступных инструментов, кастомизации инструментов, для создания задуманного объема и формы здания, создания нужных индивидуальных и оригинальных элементов фасада, отражающих архитектурную концепцию, и не должно быть затруднением в творческом процессе. Зачастую творческий процесс требует использования нескольких или даже многих компьютерных программ в процессе работы, на различных стадиях проекта и для различных задач. Поэтому в качестве иллюстрации мы рассмотрим некоторые примеры использования инструментов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В этой статье в качестве методов исследования используется обзор литературных источников, изучение и анализ. Объект исследования – это современные компьютерные технологии, которые могут быть использованы для представления и презентации проектов, а также в процессе проектирования. Рассматриваются некоторые инструменты компьютерной графики и возможности для кастомизации при помощи инструментов программ.

В статье представляется гипотеза о том, что современные технологии, такие как виртуальная реальность и аддитивные технологии 3D печати повышают эффективность и эффектность для представления и презентации архитектурных проектов. Делается краткий обзор этих технологий, их дальнейшее изучение является актуальным.

В практической части статьи приводятся отдельные примеры использования инструментов компьютерного проектирования (в частности, в отечественной Renga и других программах). Работа в этом направлении требует дальнейшего продолжения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Вначале рассмотрим современные технологии, которые, на наш взгляд, могут влиять на сферу архитектуры, и стали более широко использоваться в последнее время.

- Технологии виртуальной и дополненной реальности в архитектурном проектировании, для представления и презентации проектов

Технологии виртуальной реальности (VR) применяются в основном в индустрии развлечений, и постепенно проникают в другие сферы – дизайн, образование, медицину, промышленность и другие. Они могут быть использованы для презентации проекта, выбора из нескольких вариантов, детализации проекта. За последние годы можно наблюдать возросший интерес к использованию технологии виртуальной реальности для представления и презентации, в том числе и архитектурных проектов. Например, это выставка-форум «Россия» на ВДНХ в Москве, на которой многие экспозиции использовали VR-технологии для показа достопримечательностей, зданий и объектов культурного наследия, природы и виртуальных экскурсий, Московский урбанистический форум, а также различные другие выставки и мероприятия. Они эффектно и ярко показывают здания, объекты и достопримечательности.

Виртуальная реальность (VR) – созданный техническими средствами мир, передаваемый человеку через его ощущения: зрение, слух, осязание и другие. В настоящее время существует несколько основных типов систем – например, с помощью VR очков или VR шлема [11].

Дополненная реальность (AR) – предназначена для добавления цифровых элементов при наблюдении объектов реального пространства. Устройства AR позволяют использовать мобильные устройства, чтобы встраивать цифровой контент в реальный мир.

В системах VR для создания стереоскопического эффекта, ощущения глубины пространства, изображение подвергается специальной обработке. Суть этой обработки заключается в создании линейного параллакса (смещения) для каждой из точек картин на двух изображениях, предъявляемых независимо для левого и правого глаза человека. В зависимости от параллакса различные объекты будут восприниматься человеком, как бы находящимися на разном расстоянии от него.

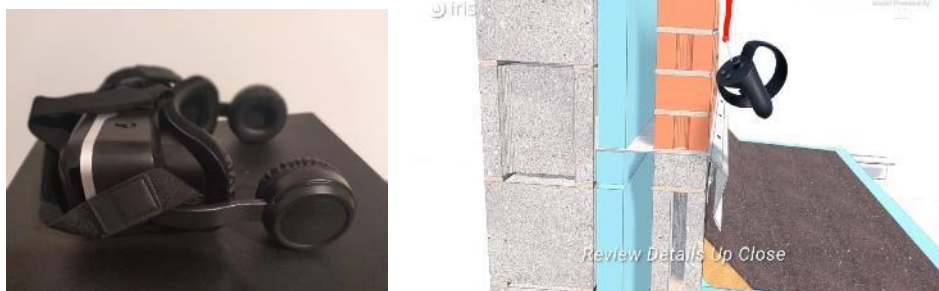


Рис.1. VR очки, переход от 3D-модели к VR, источник [11]

Многие плагины для визуализации в сфере архитектурного проектирования в режиме реального времени поддерживают переход от 3D-модели к VR [11].

Виртуальная реальность может быть использована, например, архитекторами и дизайнерами, для представления проекта, чтобы понять пространственные качества проектов, перемещаясь по виртуальному пространству, особенности VR описаны в статье [12].

Сложности в использовании VR, в целом, видятся в доступности специального оборудования (VR очков или VR шлемов), настройки оборудования и организационных сложностей, а также могут быть возможные физиологические проблемы при длительном использовании, например, нагрузка на нервную систему, и другие. Несомненно, развитие в этом направлении использования виртуальной реальности будет продолжаться в дальнейшем.

- Аддитивные технологии в архитектуре и дизайне (3D печать, макетирование)

Аддитивные технологии, к которым относится 3D принтинг, представляют собой процесс, управляемый компьютером, по созданию трехмерных объектов, например, при помощи послойной печати. Они используются в различных сферах – дизайне, промышленности, медицине, строительстве и других.

В зависимости от задач использования могут применяться различные 3d принтеры, например, портативные и профессиональные принтеры FDM (Fused deposition modeling), принтеры на основе лазерной стереолитографии или SLA-принтеры, DLP (Digital Light Processing), промышленные 3D принтеры. В качестве материала для трехмерной печати, или филамента, может быть использован различный материал, например, для послойно печатающих FDM принтеров часто используются пластики PLA и ABS и другие материалы.

Считается, что аддитивные технологии могут найти применение в архитектуре и предметном дизайне, например, для 3D принтинга макетов зданий и объектов, как для эскизного макетирования, так и для создания презентационных макетов, прототипирования. В книге Rael & San Fratello (2018) рассматриваются примеры использования 3D принтинга для создания разнообразных архитектурных макетов из песка, цемента, пластика и других, а также для создания выставочных и скульптурных объектов, малых архитектурных форм [13]. Иллюстрации приведены на Рис. 2.

Появляются примеры использования промышленного 3D принтинга, например, для печати малоэтажных домов, павильонов, малых архитектурных форм, реализации

необычных архитектурных решений. Мировой и российский опыт 3D принтинга в архитектуре, в частности, представлен в статье, авторы Ж. Э. Уморина, И. Э. Мохов (2019), [14].



Рис.2. Использование 3D печати в макетировании, источник [13]

Сложности в применении аддитивных технологий представляется в использовании и отладке специального оборудования (3D принтинг), в подготовке специалистов по работе с этим оборудованием.

Конечно, рассмотренные технологии – это только малая часть современных технологий, которые могут оказывать влияние на сферу архитектуры, для проектирования, для презентации, работы над проектами. Необходимо и актуально их дальнейшее изучение и применение.

Помимо изучения и анализа появляющихся современных технологий, важным является использование различных компьютерных программ для проектирования, включая отечественные программы проектирования, в образовательном процессе, кастомизации их инструментов, для создания задуманного объема и формы здания, создания нужных индивидуальных и оригинальных элементов фасада, отражающих архитектурную концепцию.

Далее рассматриваются некоторые инструменты компьютерной графики и возможности для кастомизации при помощи инструментов программ.

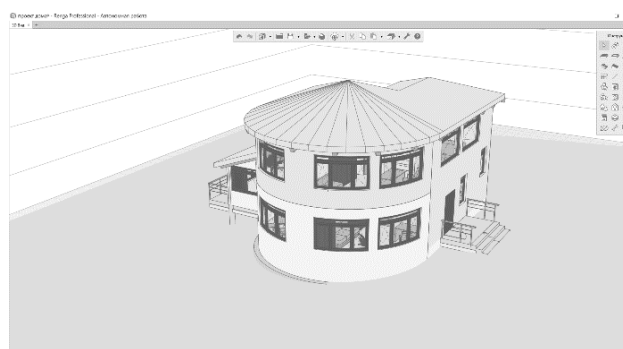
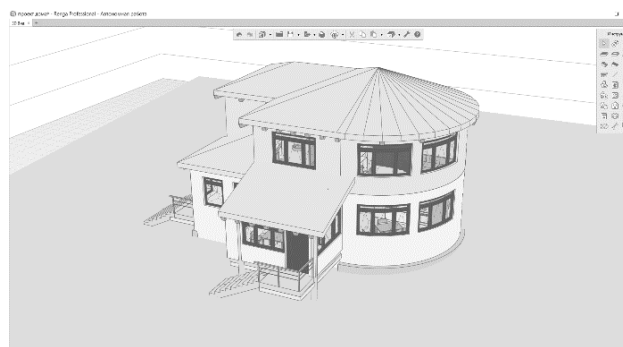
- Компьютерные программы для создания объема здания, использование и кастомизация инструментов программ для создания задуманной архитектурной идеи объема, индивидуальных элементов фасада здания

Образное решение, создание задуманного объема и формы реализуется в разных программах различными инструментами. Например, в Revit при помощи инструмента формы, с моделированием концептуальной формы и последующим созданием на ее основе стен, витражей, перекрытий и кровли. Много возможностей создания интересных объемов при помощи сплайнов, размещенных в различных опорных плоскостях, и создания формы на их основе. В ArchiCAD создание сложных форм возможно при помощи инструмента морф, инструмента оболочка. В этих программах для сложных объемов часто используются различные виды крыш, комбинации разных крыш, редактирование профиля стен, подрезка стен, и т.д. Программа Sketchup (часто используется для моделирования в связке с Autocad) позволяет создавать свободные формы, рельеф, на основе линий и плоскостей.

Для создания индивидуальных деталей, элементов фасада возможно использование разнообразных инструментов – как редактирование существующих элементов (семейств, библиотек, групп или компонентов), так и создание новых. Для нестандартных элементов возможно создание новых семейств, построение на основе редактирования профиля, создание компонентов и т.д. или еще каких-либо инструментов программ.

Создание 3D моделей реализуется в отечественных программах, например, таких как Renga и NanoCad.

Далее рассмотрим некоторые особенности создания 3D модели в Renga. Программа позволяет создавать и настраивать листы чертежей из объема при помощи Обозревателя проектов. Можно создавать и размещать на листах различные проекции, экспликации, спецификации элементов. Можно использовать как имеющиеся библиотечные элементы, так и создавать свои. Примеры студенческих работ по созданию объема в программе Renga, выполненные в рамках учебного процесса студентами третьего курса, представлены на Рис. 3.



Студенческая работа,
малоэтажный жилой дом,
Егоров Вадим, ИАГ 3-41 (2022 уч.г)

Студенческая работа,
малоэтажный жилой дом,
Травина Анна, ИАГ 3-42 (2023 уч.г)

Рис.3. Примеры студенческих работ

Первый опыт работы отдельных студентов показал, что можно использовать различные инструменты, создавать задуманный объем, использовать и редактировать, настраивать необходимые элементы. Студенты могут изучить возможности работы с инструментами программы Renga, характеристики инструментов программы. Например, используются некоторые основные инструменты Renga:

- инструмент "Стена" даёт большую свободу в формировании стен, можно менять высоту, ширину, привязку, материалы, стиль;
- инструмент "Перекрытие" позволяет менять толщину, привязку, материал и армирование перекрытий, а инструмент "Проём" – создавать проёмы в перекрытиях;
- инструмент "Колонна" позволяет создавать как стандартные, так и индивидуальные колонны, настраивать их параметры;
- инструмент "Балка" позволяет создавать стандартные и индивидуальные балки, а способ построения автоматически по подобию помогает удобно построить систему балок для уже готового элемента;
- инструмент "Крыша" позволяет создавать крыши с совершенно разным количеством и углом скатов, настраивать свес, менять материалы;
- инструменты "Лестница" и "Пандус" позволяют создавать лестницы и пандусы различной длины, высоты и ширины, с различным уклоном, количеством и размером ступеней;
- инструмент «Окно» позволяют создать нестандартные элементы, проемы, создавать новые стили окна;
- инструмент «Дверь» позволяют создать нестандартные элементы, проемы, создавать новые стили двери, и т.д.

В целом, вне зависимости от конкретной программы, использование компьютерных программ для реализации образного и художественного замысла здания – это интересный процесс. Надеемся, что учебные занятия в том числе способствуют формированию у студентов компетенций по работе с программными средствами по созданию цифровых моделей зданий, желанию разбираться дальше, и в дальнейшем постоянно совершенствовать свои знания и умения.

ВЫВОДЫ

Рассмотренные в статье материалы могут служить подтверждением того, что современные технологии, такие как виртуальная реальность и аддитивные технологии 3D печати, повышают эффективность и эффектность для представления и презентации архитектурных проектов. Эти технологии, в частности, являясь частью современных цифровых технологий, сейчас активно развиваются, и в дальнейшем, вероятно, будут оказывать больше влияния на творческие направления деятельности.

Ввиду развития цифровизации в строительной отрасли и архитектуре в нашей стране, изучение новых отечественных цифровых инструментов, их интеграция и в образовательный процесс в том числе является актуальным направлением.

Надеемся, что знание и владение разнообразными инструментами, программами будет способствовать формированию необходимых компетенций у обучающихся, стимулировать их интерес к дальнейшему совершенствованию и расширению навыков, и позволит студентам реализовать задуманные образные архитектурные идеи.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шубенков М.В.* Архитектурное проектирование: смена парадигм // Academia. Архитектура и строительство. 2010. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/arhitekturnoe-proektirovanie-smena-paradigm> (дата обращения: 07.12.2023).
2. *Тарасова Ю. И.* Ручная и компьютерная технологии в процессе курсового архитектурного проектирования // Архитектон: известия вузов. – 2014. – №. 4. – С. 16-16.
3. *Барчугова Е. В., Рочегова Н. А.* Динамика развития информационно-компьютерных технологий в практике архитектуры и учебном проектировании // Architecture and Modern Information Technologies. –

2017. – №. 3 (40). – С. 304-321.
4. *Миронова Л. И. и др.* Современные цифровые технологии и возможность их применения в процессе цифровой трансформации строительной отрасли //Russian Journal of Construction Science and Technology. – 2022. – Т. 8. – №. 1.
 5. *Добрицына И. А.* Новые проблемы архитектуры в эпоху цифровой культуры //Academia. Архитектура и строительство. – 2013. – №. 4. – С. 42-53.
 6. *Сапрыкина Н. А.* Тезаурус параметрической парадигмы формирования архитектурного пространства //Architecture and Modern Information Technologies. – 2017. – №. 3 (40). – С. 281-303.
 7. *Комарова А. А. и др.* Образование архитектурной формы с применением алгоритмических методов //Инженерный вестник Дона. – 2019. – №. 8 (59). – С. 9. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_20__8y2019_Komarova.pdf_05a73f0a8f.pdf (дата обращения: 10.12.2023).
 8. *Салех М. С.* Основные направления развития цифровых методов проектирования в новейшей архитектуре //Architecture and Modern Information Technologies. – 2020. – №. 2 (51). – С. 351-361.
 9. СП 333.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла: свод правил: дата введения 2021-07-01 / национальный стандарт: дата введения 2021-07-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Изд. официальное. — Москва: Стандартинформ, 2021. — 195 с.
 10. ГОСТ Р 57700.37-2021 Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения национальный стандарт: дата введения 2022-01-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Изд. официальное. — Москва: Российский институт стандартизации, 2021. — 15 с.
 11. Как используют VR в архитектуре и дизайне // VR APPS URL: <https://vr-app.ru/blog/architecture/> (дата обращения: 10.12.2023).
 12. *Игибаева М. С., Чекаева Р. У.* Развитие и влияние виртуальной реальности на архитектурный рабочий процесс //Евразийский Союз Ученых. – 2020. – №. 10-6 (79). – С. 4-7.
 13. *Rael R., San Fratello V.* Printing architecture: Innovative recipes for 3D printing. – Chronicle Books, 2018.
 14. *Уморина Ж. Э., Мохов И. Э.* Создание архитектурных форм с применением аддитивных технологий в XX-XXI вв //Архитектон: известия вузов. – 2019. – №. 2. – С. 20-20.

ЭВОЛЮЦИЯ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ МУЗЕЯ ОТ ПРОСТРАНСТВА-ХРАНИЛИЩА К ПРОСТРАНСТВУ-ЗРЕЛИЩ

Г.М. Мохаммад¹, Л.В. Анисимова²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ghadeer.mohammad.sy@gmail.com

²AnisimovaLV@mgsu.ru

Аннотация:

В данной статье рассматривается эволюция планировочной структуры музейных комплексов, специализирующихся на экспонировании археологических древностей. Анализируются изменения в организации традиционных пространств музея, где основное внимание уделялось хранению, научной классификации, реставрации и демонстрации артефактов истории архитектуры и культуры. На основе методов натурного анализа существующих археологических музеев, построенных по традиционным архитектурно-планировочным схемам выявлены проблемы устойчивого развития. В результате анализа приведенных данных анкетного опроса населения Алеппо и проведенных интервью с экспертами выявлены актуальные представления жителей Сирии о структуре инновационного археологического медиа-музея.

Ключевые слова:Музей археологии, планировочная структура, эволюция, пространство-хранилище, медиа экспозиция, открытый план и конструктивная схема.

ВВЕДЕНИЕ

Бедствия, такие как войны и, в частности, вооруженные конфликты, относятся к наиболее разрушительным угрозам социальных, культурных, экономических сфер жизни и ущербу для общества. В зонах конфликтов происходит разрушение памятников архитектуры и урбанизации, связанных с памятью и самобытностью общества. Многие важные здания в городе Алеппо были полностью или частично разрушены, что привело к распаду городской структуры города Алеппо и потере идентичности наследия Алеппо. Актуальность создания здания археологического музея, как культурного института, играющего важную роль в сохранении и популяризации культурного наследия нации, является безусловно доказанным. Одним из ключевых аспектов музейной деятельности является организация пространства для экспонирования древних артефактов и их систематизации. В данной статье рассматривается эволюция планировочной структуры музея, специализирующегося на экспонировании древностей. В связи с появлением новых медиа технологий происходят изменения в организации пространства музея от пространства-хранилища к пространству-зрелищ. Актуальность проектирования музея заключается в том, чтобы он стал интерактивным зданием, привлекающим различные группы населения и восстанавливающим жизнь на территории, полностью опустошенной войной. Здание музея должно формировать гармоничную среду в архитектурно-градостроительной ткани города потому, что предполагаемая для строительства территория расположена в исторической части города Алеппо, старейшего населенного города страны [1].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Целью исследования является обследование традиционных моделей планировочной структуры музейного здания для выявления дефектных элементов структуры. На основе анализа анкетных данных необходимо сделать прогноз мультифункциональной модели медиа модели музея, способного устойчиво развиваться в современном динамичном мире.

Исследование построено на основе методов натурного анализа, анализа теоретических источников, путем сравнения текущей ситуации (после войны) с предыдущей ситуацией (до войны) с помощью оставшихся карт и Google Earth провести

выездной опрос населения, а также на основе прикладных методов работы с открытыми ГИС данными (Рис.1).

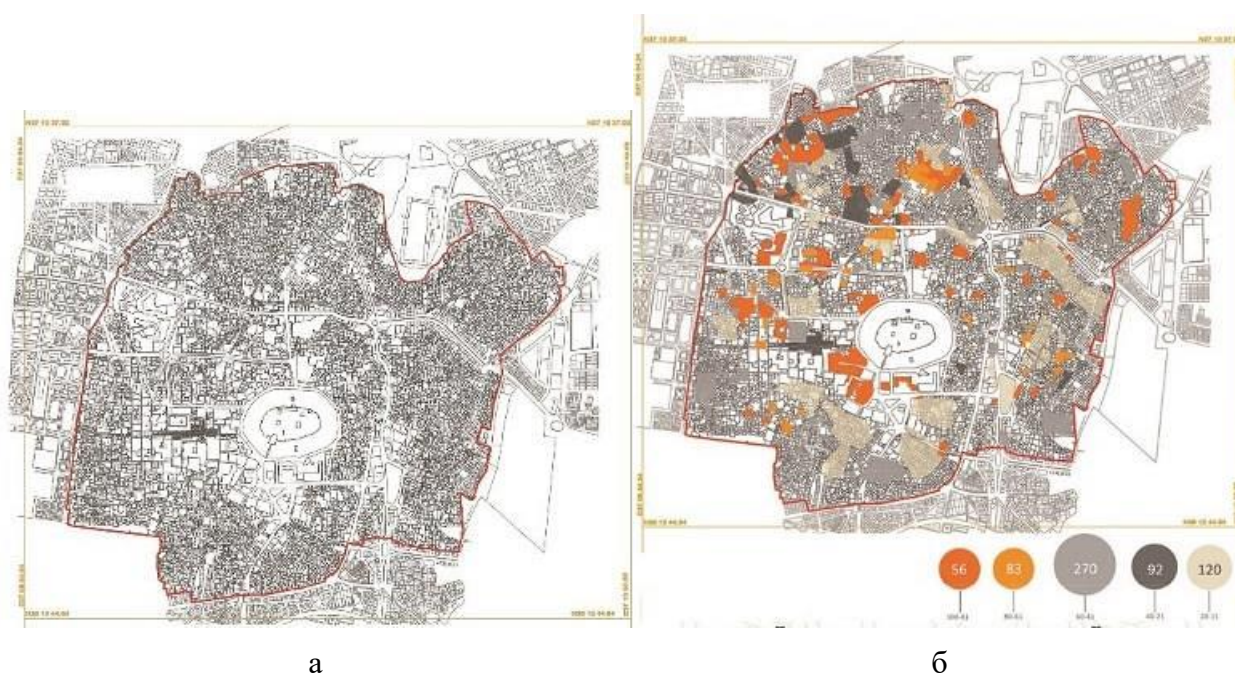


Рис. 1. План старого города Алеппо. а- карта объектов включенных в список ЮНЕСКО 2012г., б-ущерб нанесенный историческим зданиям с 2012 по 2017 г.

В результате анализа планировочной структуры г. Алеппо после войны были выявлены места значительных разрушений застройки старого города, на месте которых необходимо восстанавливать городскую инфраструктуру. Чтобы не разрушить культурный код города восстановление зданий должно учитывать не только современные требования устойчивого развития, но и сохранять традиционные подходы к архитектурно-стилевым решениям. Основываясь на требованиях ПЗЗ был определен участок для строительства музея археологии рядом с Цитаделью Алеппо.

В работе использованы методы натурального анализа и анкетирования населения. Были проанализированы архитектурно-планировочные решения традиционных музеев, в которых выявлены следующие проблемные ситуации, которые мешают функционированию этих зданий.

Одним из самых старейших музеев археологии на Ближнем Востоке является музей в г. Тахрире (Египет). Музей был спроектирован и построен французским архитектором Марселем Дорноном в 1897 году. В музее собрано более 50000 экспонатов и редчайших древних книг. Здание музея было построено на основе прототипов классики египетской архитектуры. Не подходящая влажность, прямые солнечные лучи и жара в залах музея привели к порче многих экспонатов (рис.2). Сложный пешеходный подход к зданию музея затрудняет его доступность для маломобильных категорий населения и больших туристических групп. Перегруженность залов обилием экспонатов и теснота привели к тому, что часть экспонатов была передана в Большой Египетский музей.

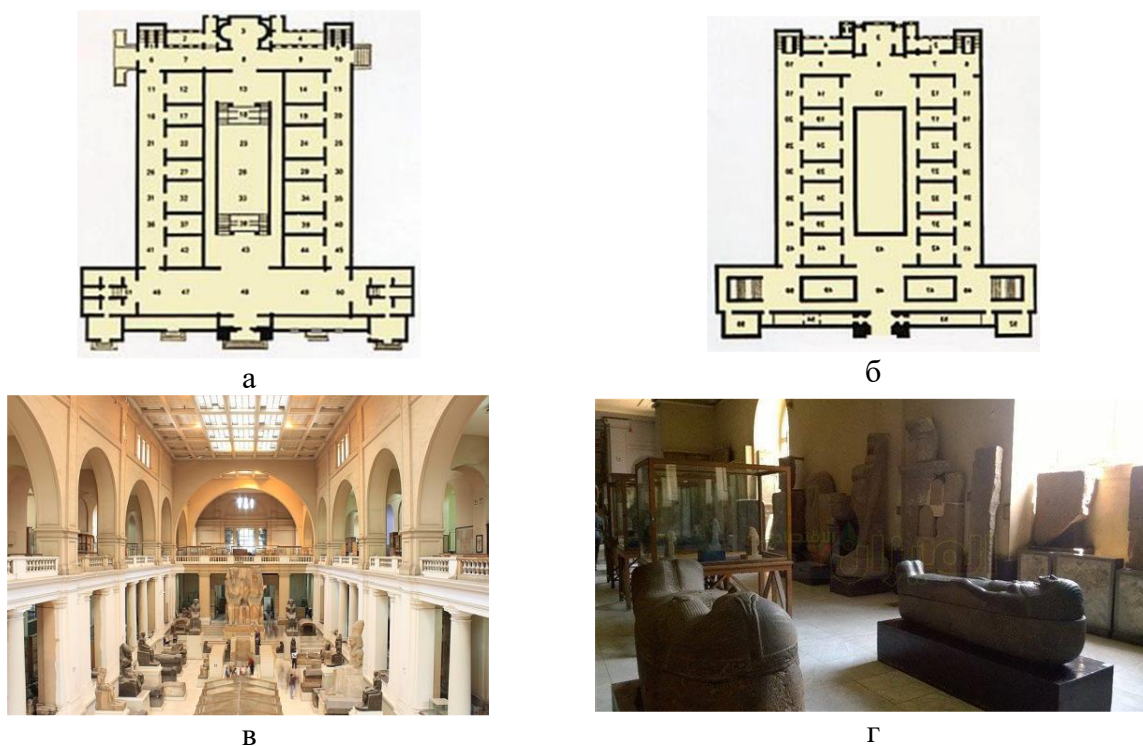


Рис. 2 Музей археологии в г. Тахрир (Египет) а-план первого этажа, б-план второго этажа, в-главный зал музея, г-выставочные залы музея.

В небольших залах собраны и экспонируются достаточно объемные экспонаты и археологические артефакты. В главном зале собраны древние артефакты, некоторые из которых весят более 1 тонны [6]. Плохая освещенность и информационная доступность экспонатов создали условия для прекращения работы музея. Музей не активно посещается туристами несмотря на то, что для научных работников и молодежи проводятся обучающие семинары, отзывы о комфорте и удобстве посетителей музея крайне негативные [7].

Примером классической архитектуры музея-хранилища является Баганский археологический музей (Мьянма). Построенный в 1904 году в традиционном стиле музей имеет ограниченное количество площадей. 1 октября 1979 года было построено новое здание, в котором сейчас размещается музей. Музейный комплекс восьмиугольной структуры, в котором размещены коллекции древних артефактов [8]. Для камней с текстами, каменных скульптур и других археологических находок большого размера были пристроены навесы. Здесь собрана богатая коллекция буддийских произведений искусства. Скульптуры Будды, ритуальные чаши, каменные надписи и другие археологические артефакты. В Археологическом музее Багана насчитывается 10 выставочных залов. В каждом собраны тематические коллекции (Рис.3). В одном зале можно увидеть предметы из дворца Багана, в другом – литературные исторические памятники, в третьем – изображения Будд и т. д. Представлены тут и настенные фрески, и картины с изображением пагод и памятников периода Баганского царства. Однако, судя по отзывам туристов, это место мало посещается [9].

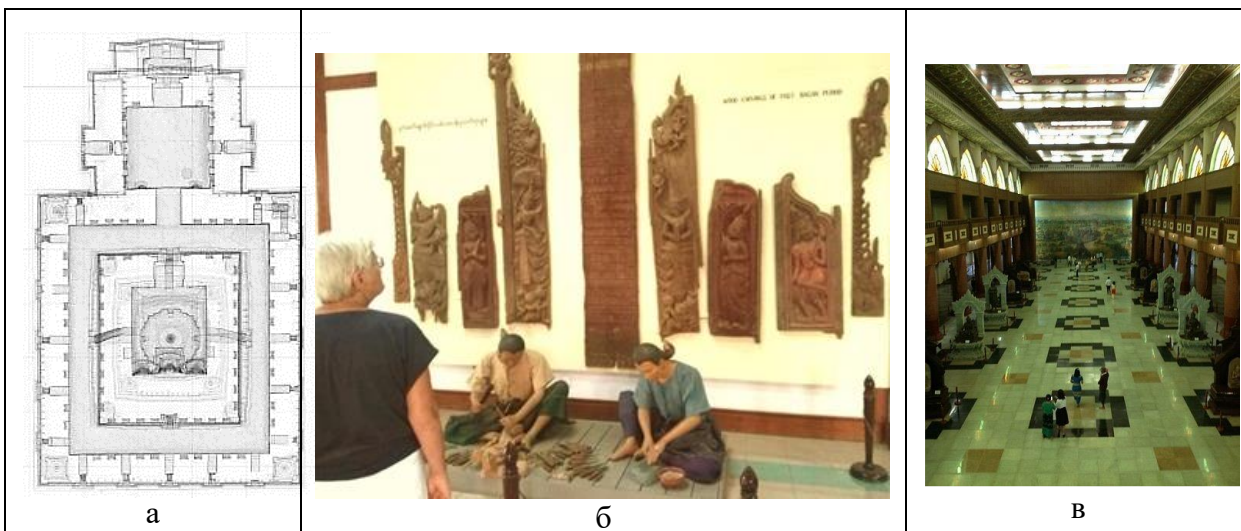


Рис. 3 Музей археологии в г. Баган, (Мьянма) а-план первого этажа, б- Некоторые музейные экспонаты, в-главный зал музея.

В музее отсутствуют пространства для обучения и социальных контактов. Нет возможности приобщиться к древним технологиям резьбы по дереву и по камню. Посетители могут созерцать только экспозицию технологического процесса, но получить аудио информацию или посетить лекцию научного работника не представляется возможным.

Другим примером классического музея является старейший в мире археологический музей Инигальди На Нна в провинции Ур (современный Ирак) [5]. В архитектурном плане указано, что музей с момента его создания был местом хранения только древностей и может содержать некоторые помещения, специализирующиеся исключительно в образовательной сфере. В архитектурно-планировочном решении имеется единственный учебный зал, предназначенный только для археологов. Многие залы были доступны только ученым, королю и его семье, а также ответственным сотрудникам музея (рис.4).

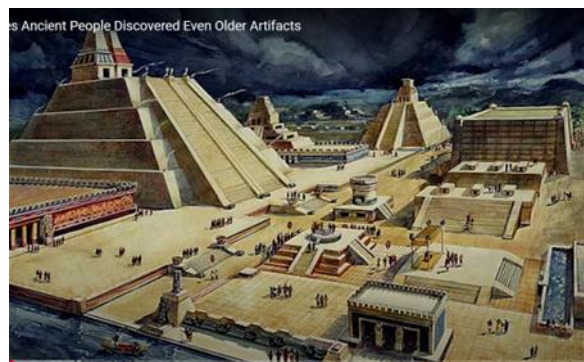


Рис.4. Музей археологии Инигальди НаНна Провинция Ур (современный Ирак)

Таким образом, музей, предназначенный для демонстрации древностей горожанам, оказался замкнут на себе. Большое количество выставочных залов, окружающих один учебный зал не позволяет сделать это место интересным для посещения горожанами. Это приводит к отсутствию социального взаимодействия людей в музее, поэтому число его посетителей не превышает нескольких десятков в день [5].

Таким образом, можно сделать вывод, что в настоящее время пространства для демонстрации артефактов археологического происхождения в здании музея и их научного

изучения недостаточно для полноценной работы музея. Целью современного музея является популяризации исторического наследия среди посетителей, а также приобщение молодого поколения к истории своей страны. Требуются новые подходы к проектированию здания музея археологии, где может быть в интерактивной форме с помощью медиа информации посетитель погружался в события давно ушедшей эпохи. Следует рассматривать музей археологии как «третье место»-место для социальных контактов. Экспозиция музея должна содержать интерактивные и образовательные элементы, что будет способствовать сохранению и популяризации богатого культурного наследия региона, и приведет не только к росту туризма но и возрождению чувства гордости за свою историю среди местного населения. Архитектурное решение предполагает использование инновационного дизайна экспонатов, мультимедийных технологий интерактивных сценариев показа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Авторами было проведено анкетирование посетителей музея археологии в Алеппо. По мнению опрошенных посетителей музея археологии 70% опрошенных высказались за необходимость создания музейного пространства для демонстрации древностей. Однако, 20 % посетителей музея считают, что музей — это место для социального и культурного форума. 21% считает, что в музее должны быть залы для проведения научных лекций и места для мастер-классов, ремесел и демонстрации кино. 5 % посетителей считают обязательным наличие в музее точки общественного питания в виде кафе, ресторана или столовой и 7% наличие магазинов и коммерческих точек. 42% посетителей согласны, что музей должен объединять в себе все эти составляющие. Таким образом, необходимость создания интерактивных пространств, за счет полностью открытых для посетителей площадей, где можно общаться, встречаться с друзьями, дискутировать и просто проводить свободное время подтверждается научными исследованиями. Кроме того, музей должен быть оснащен современными системами безопасности и климат-контроля для защиты коллекций. Ожидается, что музей привлечет широкий круг посетителей, включая местных жителей, студентов, ученых и туристов со всего мира. Он также должен удовлетворять потребности школьных групп, семей и отдельных лиц, интересующихся историей и археологией. Посетители музея получают возможность узнать об истории и культурном значении данного места посредством музейных коллекций, выставок и образовательных программ. Музей археологии будет служить центром общественных мероприятий, исследований и культурного обмена, способствуя социальному и экономическому развитию региона. Образовательная роль музея будет иметь решающее значение для воспитания чувства гордости и самобытности среди местного населения, а также для развития туризма и культурного обмена.

ВЫВОДЫ

В данной статье рассмотрена разработка планировочной структуры музея, специализирующегося на экспонировании древностей. Статистика доказала необходимость трансформации музея из идеи места, посвященного хранению древностей, в интерактивное пространство, восстанавливающее жизненную силу территории. Проанализированы изменения в организации музейного пространства от места хранения к интерактивному пространству экспонирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аль-Хадер, А.М.*, История архитектуры (Архитектура в средние века - исламская и европейская архитектура), Алеппо, Управление университетских книг и публикаций.
2. Food4Rhino. Heron [электронный источник] режим доступа: <https://www.food4rhino.com/en/app/heron> (дата обращения: 10.12.23)
3. Google Earth [электронный источник] режим доступа: <https://earth.google.com/web/> (дата обращения: 10.12.23)
4. *Кристин. А.К.*, подготовлена диссертация для получения степени магистра в Университете Алеппо,

Сирия.

5. Электронный сайт Эннигальди-Нанна, желание бога Луны и хранителя Ура. <https://womeninarchaeology.com/2019/11/27/ennigaldi-nana-the-desire-of-the-moon-god-and-curator-of-ur/web/> (дата обращения:10.12.23)
6. Электронная газета, Каирская газета <https://www.cairo24.com/1886556> (дата обращения:9.12.23)
7. Электронная газета, Газета Аль-Мизан. <https://www.almezan.news/4902> (дата обращения:9.12.23)
8. Электронный сайт <https://wonderbagan.com/en/monuments/16-pagoda-en-gb/74-bagan-archaeological-museum> (дата обращения:10.12.23)
9. Электронный сайт https://www.tripadvisor.com/AttractionProductReview-g317112-d14014898-Old_Bagan_Sightseeing_Tour-Bagan_Mandalay_Region.html <https://wonderbagan.com/en/monuments/16-pagoda-en-gb/74-bagan-archaeological-museum> (дата обращения:9.12.23)
10. Электронный сайт <https://gizmodo.com/the-story-behind-the-worlds-oldest-museum-built-by-a-b-5805358> (дата обращения:13.12.23)

УСТОЙЧИВАЯ АРХИТЕКТУРА СОВРЕМЕННОСТИ

Ю. Баддур

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», 117198,
г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6,
yusufbddour@hotmail.com

Аннотация

Устойчивость в архитектуре представляет собой важный аспект современного проектирования, нацеленного на создание зданий, способных существовать в гармонии с окружающей средой и обеспечивать благоприятные условия для жизни. Этот подход включает в себя инновационный дизайн, использование экологически чистых материалов и интеграцию технологий для повышения энергоэффективности. Ответственность за устойчивость выражается в использовании возобновляемых источников энергии, таких как солнечные батареи и ветряные турбины, а также в использовании методов утилизации отходов и водосберегающих технологий. Устойчивые здания также поддерживают концепцию адаптивного проектирования, способного адекватно реагировать на изменяющиеся условия и потребности. Этот подход не только сокращает негативное воздействие на окружающую среду, но также способствует формированию здоровых и энергоэффективных обществ, внедряя принципы устойчивости в каждый этап строительства и использования зданий.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие, в том числе применительно к архитектуре, широко используется понятие "устойчивость". Этот термин соотносится с концепцией устойчивого развития, принятой ООН в качестве стратегического направления с 1980-х годов. В докладе Комиссии ООН по окружающей среде и развитию "Наше общее будущее" устойчивое развитие определяется как способ, с помощью которого "удовлетворяются потребности нынешнего поколения без ограничения способности следующего поколения удовлетворять свои потребности" [1, с. 59].

Знаменитый архитектор Н. Фостер определяет устойчивую архитектуру как "способ достижения максимума минимальными средствами" [2].

Как показывает процесс, необходимо признать, что архитекторы могут влиять на восстановление экологического баланса и обеспечение высокого качества жизни людей, создавая архитектурную среду, которая отвечает потребностям человека и в то же время поддерживает или улучшает состояние природы. Такая архитектурная среда является устойчивой.

Существующие определения "устойчивости", которые используются урбанистами и дизайнерами, не раскрывают сути концепция устойчивого развития в архитектуре. Устойчивость чаще всего понимается как экологический баланс и ассоциируется в первую очередь с техническими характеристиками. Такое понимание устойчивого развития неприменимо к стилистическим или художественным проблемам архитектуры.

Мы попытаемся дать обобщенное понятие "устойчивость", рассматривая его в архитектурном и художественном контексте и используя метод интенционалов и расширений [3]. Этот простой и эффективный аналитический метод объяснения значения был впервые использован Албегов Е.В., Бутенко Д.В. и Бутенко Л.Н. в монографии "Гомеостатика: концептуальное моделирование структурированных устойчивых систем" за синтез понятия "системная устойчивость" [4].98

Под расширением понимается термин семантики, обозначающий объем понятия, то есть множество объектов, которые можно назвать данной языковой единицей; под интенционалом - термин семантики, обозначающий содержание понятия, то есть совокупность мыслимых атрибутов, обозначаемых понятием объект или феномен. В

процессе применения этого метода категории — метаязыковые когнитивные образования — выделяются из множества экстенциональных групп, из которых впоследствии формируется интенционал. Для достижения поставленной цели мы разработаем концепцию “устойчивого развития” в архитектурном и художественном контексте. В качестве расширения понятия “устойчивость” были выбраны следующие определения [4]: Стабильность - способность системы поддерживать свое текущее состояние при воздействии внешних воздействий; Стабильность – способность поддерживать свое состояние, сопротивляться, не поддаваться внешним воздействиям; Устойчивость - постоянство, пребывание в одном состоянии; противоположность - изменение; Стабильность - жизненная сила, выносливость; постоянство, неизменяемость, стабильность, постоянство стойкости, сила; безубыточность, солидность, кредитоспособность, капитализм, неприкосновенность, беспроегрышность, крепость, апломб, испытание, упорство, непобедимость, надежность, твердость, неизбежность, безопасность, постоянство, непоколебимость, фундаментальность, неуязвимость, непогрешимость, солидность, настойчивость. Противоположностью являются колебания, непостоянство, нестабильность; Стабильность - стабильность, способность системы возвращаться в исходное состояние после внешних воздействий и продолжать работать без изменения функциональных характеристик [3].

Интенционал и экстенционал - парные категории семантики, указывающие на смысл и значимость языкового выражения. Интенционал — это термин, обозначающий содержание слова-понятия, то есть набор мыслимых атрибутов, обозначаемых анонимным понятием объекта.

Экстенционал — это термин, обозначающий объем слова-понятия, то есть набор объектов, обозначаемых анонимным понятием объекта.

данная концепция; Устойчивость - присущая системе способность противостоять изменениям; Стабильность системы — это свойство системы возвращаться в свое исходное состояние после прекращения воздействия, которое вывело ее из этого состояния. Живые системы проявляются в их способности адаптироваться к изменяющимся условиям существования. Из всего расширения понятия “устойчивость” были выделены следующие категории: характеристика, способность, свойство, состояние, сохранение, стабильность, неизменность, постоянство, противодействие,

воздействие, устойчивость, неприкосновенность, сила, упругость, неуязвимость, надежность, твердость, непоколебимость, фундаментальность, изменение, возврат, адаптивность. Они позволили сформировать содержание понятия “устойчивость” в архитектурном и художественном контексте:

Экологичность в архитектуре - способность сохранять и передавать последующим поколениям характерные стилистические особенности, отражающие определенные философские, религиозные и художественные представления, выраженные в объемно-пространственной композиции, декоре и конструкции зданий и сооружений. Вместе с часто используется термин “устойчивая архитектура”, такие понятия, как “зеленая архитектура”, “экологически устойчивое строительство”, “экологическая архитектура”, “высокотехнологичная архитектура” Определение, относящееся к устойчивому развитию: “Зеленые технологии — это инновации, которые основаны на принципах устойчивого развития и повторного использования ресурсов” [5].

Все эти понятия в той или иной степени связаны с технологией строительства и эксплуатации зданий, целью которых является снизить уровень потребления энергии и материальных ресурсов при сохранении или улучшении качества зданий и комфорта их внутренней среды. Эти принципы определяют отрасль, связывающую "зеленые технологии" с "зеленым строительством".

Изучение практики зеленого строительства и устойчивой архитектуры обеспечивает основу для определения двух основных характеристик устойчивой архитектуры: экологичности и использования высоких технологий.

В практическом смысле рейтинги и критерии соответствия объектов требованиям устойчивости стали рейтинговыми системами. Наиболее широко используются три международных рейтинговые системы: американская LEED, британская BREEM и немецкая DGNB.

Обозначим сферы зарождения устойчивой архитектуры: научные исследования; Экспериментальный дизайн; Нормативное обеспечение - регулирование; Образовательная деятельность; Строительство и проектирование; Мониторинг состояния сооружения или здания.

Есаулов Г.В. выделяет следующие принципы устойчивой архитектуры:

- гармонизация социальных, экономических, экологических, пространственных факторов развития населенных пунктов; определение оптимального сочетания стабильных и изменчивых объектов в программе проектирования; совместимость с природой и биомиметика; адаптивность к вызовам и рискам природно-климатического и техногенного характера; пространственное и математическое моделирование формы здания в зависимости от факторов, определяющих жизненный цикл [5].

За последние 20 лет большинство позитивных преобразований в городах по всему миру были связаны с концепцией “устойчивого развития”. Экологически эффективный город (он же “sustainable city” - устойчивый город) развивается в соответствии с принципами устойчивого развития. Конечная цель создания устойчивого города - появление города с нулевым потреблением не возобновляемых ресурсов и энергии, с нулевыми выбросами в окружающую среду - неосуществима и утопична, но задает городам общий вектор

развития. Качество, интенсивность и скорость преобразований являются критериями успеха устойчивого города.

Важно понимать, что ресурсов города никогда не будет достаточно для решения всех экологических проблем.

и инфраструктурные проблемы, которые накапливались десятилетиями, поэтому необходимо выбрать приоритетные направления для концентрации финансовых и административных ресурсов, направленных на преодоление наиболее острых проблем99 проблемы. Калгари (Канада). Принятый в 2006 году план устойчивого развития на 100 лет вперед.

В 2010 году он был признан самым экологически чистым мегаполисом планеты (согласно рейтингу качества жизни агентства Mercer) за оптимальную систему обращения с отходами, очистку сточных вод в сочетании с низким уровнем загрязнения воздуха. Даллас (США). принят и успешно реализуется амбициозный комплексный план экологических инициатив. Сегодня 41% автопарка работает на альтернативных видах топлива, 40% электроэнергии вырабатывается ветряными мельницами, проекты всех новых зданий соответствуют требованиям LEED, экологические стандарты успешно внедрены в систему государственных закупок.

Последовательно рассмотрим влияние предлагаемых принципов на архитектурную форму. Гармонизация факторов развития. В рамках развития триединства экономического, социального и экологического компоненты устойчивого развития, разрабатываются требования к стратегии формирования и реконструкции среды обитания и, в свою очередь, к архитектуре и системам городского планирования.

В настоящее время на моделях smartcity проводится полномасштабное проектирование на уровне нового города с учетом гармонизации всех факторов.

Одно из довольно вольных определений smartcity звучит так: “Умные города используют ИКТ для того, чтобы стать более эффективными в использовании различных ресурсов и, как следствие, сэкономить общие затраты и энергозатраты, повысить уровень обслуживания и качество жизни, снизить негативное воздействие человечества на окружающую среду — и все это благодаря инновациям и низко углеродной экономике”. Умный город предполагает, что “благодаря управлению с участием общественности,

государственным инвестициям в человеческий и общественный капитал, традиционным (транспорт) и современным (ИКТ) технологиям, это будет возможно обеспечить устойчивый экономический рост, эффективно управлять существующими природными ресурсами и обеспечить лучшее качество жизни в городских поселениях”. Сонгдо (Южная Корея) в качестве примера smartcity.

Определение оптимального сочетания стабильного и изменчивого.

Позиция устойчивого развития временные лаги влияют на ценностные характеристики произведений архитектуры, выявляя в случае объектов прошлых периодов времени уникальное, типичное, характерное для всех трех слоев [7] и придавая отдельным зданиям статус памятника, осуществляя процесс “вменения ценностей”. Устойчивость системно характеризуется физической и механической прочностью, инженерно-технической надежностью и живучестью (способностью сохранять свойства) конструктивных и инженерных систем, инерционностью свойств объекта и сохранением ценностных характеристик архитектурных объектов, объединенных в понятие “памятник архитектуры” [5].

- устойчивое и изменчивое в современной архитектуре имеют свое воплощение в буквальном смысле. Типичными примерами стабильного и изменчивого в отношении оболочки формы и пространства архитектуры и природы являются три типа:

- стационарная форма (обеспечивающая микроклимат за счет инженерных систем и частично - изменяющая форму корпуса): многофункциональный комплекс riverview (pelliclarkePELLIarchitects), Ухань, Китай; сертифицирован breeam;

- движущаяся (динамическая) форма (архитектура, чувствительная к изменениям погоды из-за движения оболочек строительных форм: открывание/закрывание, перемещение форм, изменение углов наклона козырьков, жалюзи, навесов): “скользящий дом” (drmm architecture), Суффолк, Великобритания. Эти работы проводятся в рамках исследования биоадаптивных оболочек здания [8];

- внутреннее пространство, содержащее фрагменты природной среды, влияющие на микроклимат объекта: cyberectureegg (Джеймс Лау), Мумбаи, Индия. Последовательность и биомиметика. Термин “биомиметика” происходит от древнегреческих слов “жизнь” и “имитация”. Он принадлежит американскому биофизику Отто Шмидту, который изобрел его в 1950-х годах, и часто используется как синоним слов “биомимикрия”, “биомимезис” и “бионика”. Самый известный пример биомиметики - липучка (имитация ворсинок лопуха). В архитектуре принцип биомиметики иллюстрируется башнями аль-бахар в Абу-Даби с их подвижным фасадом (архитектурное бюро aedas, 2012). Главной задачей инженеров было создать условия для поддержания прохладного климата внутри комплекса помещений, не используя большого количества кондиционеров. Такой экологически чистый подход к решению проблемы вентиляции в объединенных арабских эмиратах имеет особое значение в связи с актуальными вопросами устойчивого развития, независимого от добычи нефти. Адаптивность к вызовам и рискам климатического и технологического характера. Климатические изменения, все более резкие колебания температурных циклов, повышение температуры, жара и засуха, ливни и наводнения, другие экстремальные воздействия на окружающую среду и техногенные катастрофы — все это диктует новые требования к живучести, стойкости и стабильности в буквальном смысле городских сооружений и архитектурных объектов. Отсюда появление двух направлений преодоления катастрофических воздействий. Первое - ужесточить 100 требования к искусственной среде, обеспечивающие ее безопасность и защиту человека. Второе направление заключается в возможности внедрения новых методов существования искусственной среды (плавающие, летающие здания и города) и т.д. на выставке Экспо 2012 “живой океан и побережье” в южнокорейском городе Йосу (Yosu) были представлены подходы к решению проблемы океана в условиях глобального потепления. Пространственное и математическое моделирование формы здания в зависимости от факторов, определяющих жизненный цикл. ИТ-моделирование форм с демонстрацией внутренних функциональных и внешних

процессов и воздействий на архитектурную форму, эффектов природных и климатических циклов, с учетом природных рисков и меняющегося состояния здания на различных этапах жизненного цикла обеспечит новый уровень решения задач проектирования. Состояние несущей системы на каждом этапе жизненного цикла претерпевает существенные изменения, причины которых могут быть различными. Эти изменения часто начинаются уже на этапе проектирования, когда при расчете по классической модели определяются внутренние усилия, возникающие в элементах конструкции. Этап, формирующий напряженно-деформированное состояние, — это этап монтажа. На этом этапе внутренние усилия варьируются в зависимости от технологических особенностей строительной отрасли, меняются дизайн и конструктивные схемы здания, и к зданию постепенно прикладываются постоянные нагрузки. На этапе эксплуатации, самом длительном для многоэтажных зданий, к несущей системе прикладываются временные нагрузки, и свойства материалов несущих конструкций меняются. Эти изменения зависят от многих факторов, в то время как материалы и конструктивные элементы демонстрируют нелинейный характер работ. В процессе эксплуатации жилых и общественных зданий происходит старение конструкционных материалов, которое зависит не только от времени, но и от различного рода аварийных и нештатных ситуаций, а также техногенных воздействий. В связи с этим часто возникают вопросы, связанные с реконструкцией, демонтажем, утилизацией и капитальным ремонтом многоэтажных зданий. Чтобы оценить безопасность здания, необходимо знать историю его нагружения, схемы приложения внешних нагрузок, историю формирования конечных внутренних усилий в конструктивных элементах, чтобы иметь возможность в любой момент определить его напряженно-деформированное состояние. Следовательно, необходимо обобщить соответствующие математические модели в единую информационную модель, создать единый программный комплекс, обеспечивающий поддержку несущих систем многоэтажных зданий. Вопрос о том, какие усилия на самом деле действуют в несущих конструкциях многоэтажных зданий, остается открытым. Поэтому, зная фактическое напряженно-деформированное состояние элементов несущих систем, можно найти разумное и оптимальное решение поставленных задач. Это становится возможным, когда на основе программного пакета моделируется ряд численных экспериментов, имитирующих определенные ситуации. Таким образом, информационная поддержка жизненного цикла несущей системы обеспечивается за счет использования информационной модели конкретного здания или сооружения, отражающей его свойства, состояние, взаимосвязь с внешней средой.

ВЫВОДЫ

В заключение Устойчивая архитектура – это не только создание зданий, соответствующих экологическим стандартам. Это целостный подход к проектированию и строительству, который учитывает различные аспекты устойчивого развития. Он предлагает решения, способствующие сохранению окружающей среды и повышению качества жизни людей. Успех таких проектов зависит от грамотного планирования, использования новых технологий и сотрудничества всех заинтересованных сторон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Албегов Е.В. Гомеостатика: концептуальное моделирование структурированных устойчивых систем: монография / Албегов Е.В., Бутенко Д.В., Бутенко Л.Н. М.: Издательство Академии Естествознания, 2014. р. 131
2. Есаулов Г.В. Устойчивая архитектура: от принципов к стратегиям развития // Вестник ТГАСУ, 2014. № 6. Р. 9–14.
3. Есаулов Г.В. Устойчивая архитектура как парадигма проектирования (к вопросу об определении) // "Устойчивая архитектура: настоящее и будущее". Материалы международного симпозиума. 17-18 ноября 2011 г. Научные труды Московского архитектурного института (государственной академии) и группы КНАУФ СНГ. Москва, 2012.
4. Карнап Р. Ценность и необходимость / Р. Карнап. Москва: Издательство иностранной литературы, 1959. 384 р.

5. Ремизов А.Н. Стратегия развития устойчивой архитектуры в России // "Устойчивая архитектура: настоящее и будущее". Материалы международного симпозиума. 17-18 ноября 2011 г. Научные труды Московского архитектурного института (государственной академии) и группы КНАУФ СНГ. Москва, 2012
6. Устойчивое развитие. [Электронный ресурс] // Академик, 2000-2016. URL: <http://dic.academic.ru/searchall.php?SWord=устойчивость&from=xx&to=ru&did=&stypе> / (дата обращения: 10.12.2023).
7. Foster+Partners/JaffeHouse (SkybreackHouse) Великобритания 1965 - 1966 г. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.fosterandpartners.com/projects/jaffe-house-\(skybreak-house\)](http://www.fosterandpartners.com/projects/jaffe-house-(skybreak-house)) / (дата обращения: 10.12.2023)
8. "Наше общее будущее" - Доклад Всемирной комиссии по окружающей среде и развитию. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.un.org/ru/ga/pdf/brundtland.pdf> / (дата обращения: 10.12.2023).
9. Есаулов Г.В. Энергоэффективность и устойчивая архитектура как векторы развития / [Электронный ресурс]. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6165 / (дата обращения: 10.12.2023).
10. Фолькер Хауфф. Brundtland Report: A 20 Years Update. [Электронный ресурс]. URL: http://www.nachhaltigkeitsrat.de/uploads/media/ESB07_Keynote_speech_Hauff_07-0604_02.pdf / (дата обращения: 10.12.2023).
11. "Зеленая энциклопедия". [Электронный ресурс]. URL: <http://greenevolution.ru/enc/wiki/zelenyetehnologii/> / (дата обращения: 10.12.2023).

УСТОЙЧИВЫЙ ТУРИЗМ, ОСНОВАННЫЙ НА ЕМКОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОМ СЛЕДЕ, (НА ПРИМЕРЕ СИРИЙСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ)

Ю. Сайед¹, М. Нассур²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*youssef.h.saied@gmail.com*

²*marahnassoursaid@gmail.com*

Аннотация

Сирийское побережье обладает уникальной природой своих ландшафтов и живописной красотой, которая ежегодно привлекает как местных, так и международных туристов, поэтому необходимо лучше понимать, что касается ёмкость туризма как инструмента управления окружающей средой, необходимо поддерживать процент эксплуатации и сохранения территории, в этом исследовании ёмкость была выделена в качестве основной цели этого исследования, с учетом управления и планирования района, на пляжах были выбраны исследовательские станции, туристическая ёмкость определялась физической ёмкость (ФЁ), реальной ёмкость (РЁ) и эффективной ёмкость вместимость (ЭЁ), пляжная зона Тартуса и пляжная зона на пляже Латакия обладает высокой ёмкостью принимать туристов, и поэтому были определены пределы поглощения, в дополнение к предложению решений для улучшения показателей туризма в сочетании с сохранением окружающей среды.

ВВЕДЕНИЕ

Туризм превратился в основной фактор развития экономики многих стран. Он является основным фактором социально-экономического прогресса благодаря созданию рабочих мест и инфраструктуры. Туризм также находится в центре внимания развивающихся стран, поскольку является одним из основных источников поступлений в иностранной валюте. Однако туризм является очень чувствительным явлением для окружающей среды и экосистемы. Чрезмерный туризм приводит к огромному давлению на туристическое направление из-за спроса на экологические ресурсы и ускоренной урбанизации. Быстрая, но незапланированная эксплуатация и использование ресурсов приводит к риску потери их восстановительных возможностей, разрушению основных функций в туристических зонах.

Места природной красоты и с разнообразной флорой и фауной привлекают большое количество туристов; однако чрезмерный туризм приводит к эксплуатации этих ресурсов, что приводит к ухудшению состояния окружающей среды, что, в свою очередь, влияет на туризм, снижая привлекательность места назначения.

Сообщается, что туризм - это многогранная экономическая деятельность, которая взаимодействует с окружающей средой в рамках двустороннего процесса. С одной стороны, экологические ресурсы обеспечивают один из важнейших "компонентов" и являются решающим производственным фактором для производства туристических продуктов: природная и/или искусственная среда, которой турист может наслаждаться, жить и расслабляться, с другой стороны, туризм производит множество нежелательных побочных продуктов которые намеренно и непреднамеренно выбрасываются. Недавно опасения местного сообщества, что оно будет перегружено чрезмерным туризмом, побудили местную администрацию (Чинкве-Терре), небольшого городка в Италии, состоящего из 5 живописных деревень, реформировать максимальное количество туристов в городе и снизить уровень туризма до более устойчивого [1].

Следовательно, туризм должен обеспечивать "пределы поглощения", чтобы быть устойчивым. Взаимодействие последнего в направлении туризма с окружающей средой делает управление потоками посетителей в пункт назначения важной точкой планирования. "Граница", на которой необходимо ограничить туризм (поток), чтобы система могла

выдерживать давление и не терять присущего ей состояния, лежит в основе концепции "ёмкость".

В литературе существует множество определений ёмкость, данных учреждениями, а также отдельными авторами. По данным Всемирной туристской организации Объединенных Наций (Всемирная туристская организация) ёмкость имеет основополагающее значение для защиты окружающей среды и устойчивого развития. Они означают максимальное количество людей, которые могут посетить туристическое направление одновременно, не вызывая разрушения физической, экономической, социокультурной среды и неприемлемого снижения качества удовлетворенности посетителей [2]. Союз национальных парков Европы определяет ёмкость как способность экосистемы быть самодостаточной и стимулировать развитие человеческой деятельности в неограниченных масштабах без каких-либо негативных последствий обратной связи. Эти определения показывают ёмкость как точку, в которой пункт назначения или достопримечательность начинают испытывать неблагоприятные последствия в результате увеличения количества посетителей. Эти определения также характеризуют ёмкость как комбинацию ее различных типов/компонентов/детерминант/ измерений, таких как физические, экологические, политические, экономические, социальные, психологические и т.д. Каждый тип ёмкость характеризуется допустимым пределом, который представляет собой порог изменения, превышение которого приводит к негативным последствиям, главным образом в сфере туризма. Если допустимые пределы не превышены, то в принципе можно сказать, что воздействие туризма положительное[3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Это исследование проводилось в прибрежной зоне Сирии, которая простирается на 180 километров в двух основных мухафазах: Латакия и Тартус. Сирийское побережье включает в себя туристические и археологические памятники и множество мест отдыха, где были созданы десятки курортов и отелей разного уровня, различные рестораны, места для пикников, парки развлечений и кафе.

Первичные и вторичные данные были собраны с мест проведения исследований, а также из различных учреждений правительства Сирийской Арабской Республики и других соответствующих ведомств[4].



Рис. 1. Районы сирийского побережья.

Метод используется в данном исследовании как новый количественный подход с сочетанием экологического следа и энергетического подхода. Анализ воздействия на окружающую среду измеряет общую площадь суши, необходимую для устойчивого существования определенной группы населения, энергия является единицей использования ресурсов и трудового потенциала и используется для количественной оценки интенсивности развития на основе экологического воздействия и энергетического подхода, используемого для определения ёмкости экотуризм в районе сирийского побережья [5].

Большинство проблем, связанных с развитием прибрежных районов, являются результатом чрезмерной нагрузки на ограниченные прибрежные ресурсы, что известно как превышение пропускной способности. ёмкость территории - это способность экосистемы поддерживать различные виды использования ресурсов. ёмкость не является фиксированной величиной и варьируется в зависимости от географических районов, а также от использования человеком. Ёмкость может быть снижена как человеческими, так и природными силами или может поддерживаться или увеличиваться за счет надлежащего управления [6]. Когда ресурсы используются сверх их допустимых возможностей, общие получаемые выгоды начинают уменьшаться, что приводит к экономическому спаду, потере работы, доходов и поступлений в иностранной валюте [6].

1. Физическая ёмкость (ФЁ)

Определение: ФЁ — это максимальное количество туристов, которое может физически поместиться в определенном районе за определенное время.

$$ФЁ = Д / Пн \times Кр$$

Где: ФЁ: Физическая ёмкость; Д = Доступная территория для туристического использования; Пн = Площадь, необходимая для одного туриста; Кр = Коэффициент ротации (количество посещений в день).

Доступная территория для туристического использования (Д):

Д - доступная зона для туристического / общественного пользования. В природных зонах площадь может быть определена естественной границей, такой как горный хребет и река, в то время как в заповедной зоне пространство используется туристами для различных видов деятельности или они могут разбить лагерь, который считается доступной зоной для туризма.

Площадь, необходимая для одного туриста (Пн) :

Площадь, необходимая каждому туристу для комфортного осуществления своей деятельности. Он измеряется в квадратных метрах помещения.

Ежедневный период работы / среднее время посещения (Кр) :

Это количество допустимых посещений за определенное время (обычно рассчитывается по ежедневным часам работы) и рассчитывается путем деления количества времени, используемого туристами в день, на время посещения.

Продолжительность использования: Это количество часов посещения туристического объекта в день.

Продолжительность визита: Это среднее время, необходимое туристам для осмотра различных достопримечательностей региона.

Учитывая площадь пляжей, оптимальная площадь, необходимая для каждого туриста, составляет 5 м², поэтому

$$Кр = 12 \text{ часов} / 3 \text{ часа}$$

$$Кр = 4$$

2. Реальная ёмкость (РЁ)

Определение: Максимально допустимое количество туристов на конкретном объекте, после того как к (ФЁ) были применены поправочные коэффициенты (ПК), полученные на основе конкретных характеристик объекта.

$$РЁ = ФЁ \times (ПК1 \times ПК2 \times ПК3 \times ПК4 \times \dots \times ПКn)$$

Где: $Р\ddot{E}$ = Реальная ёмкость; $Ф\ddot{E}$ = Физическая ёмкость; ПК = Поправочные коэффициенты; Поправочные коэффициенты рассчитываются по следующей формуле.

$$ПКx = 1 - Пвx / Овx$$

Где: ПКx = Поправочные коэффициенты переменной x; Пвx = Предельная величина переменной x; Овx = Общая величина переменной x.

Поправочные коэффициенты очень важны для оценки реальной ёмкости. Поправочные коэффициенты получены путем учета биофизических, экологических, социальных и управленческих переменных.

Туризм зависит от природы, поэтому некоторые переменные рассматриваются в качестве поправочных коэффициентов для данного исследования. Осадки, чрезмерное количество солнечного света, циклон и качество пляжа являются корректирующими факторами, которые могут ограничить туристическую деятельность и снизить удовлетворенность туристов в определенном месте. Поэтому поправочные коэффициенты также известны как ограничивающие факторы туризма. Расчет поправочных коэффициентов для различных ограничивающих переменных описан ниже.

Количество осадков (ПК1)

Климат региона считается умеренным средиземноморским климатом, характеризующимся четырьмя четко выраженными сезонами: жаркое и сухое лето, затем мягкая весна и осень и, наконец, холодная и дождливая зима; пик температур приходится на июль и август, то же самое верно и для влажности, но январь и февраль являются самыми холодными. поэтому самые холодные месяцы, четыре месяца с обильными осадками, считаются месяцами ограниченного доступа. Предельный размер этого параметра задан равным 122 дням. Общий объем - это общее количество доступных дней в году (365 дней).

Поправочный коэффициент для осадков был определен с помощью:

$$\begin{aligned} ПК1 &= 1 - Пвx / Овx \\ &= 1 - 122 \text{ дней} / 365 \text{ дней} \\ &= 1 - 0.3342 \\ &= 0.6658 \end{aligned}$$

Чрезмерный солнечный свет (ПК2)

Солнечный свет является наиболее важным фактором для пляжного туризма. На сирийском побережье с июня по август - летний сезон. В сухой летний период самая высокая температура регистрируется в полдень, в основном с 11 утра до 3 часов дня, очень немногие туристы хотят отправиться на пляж для развлечений. Следовательно, избыток солнечного света в летний сезон может быть ограничивающим фактором для исследуемой территории.

Величина этого параметра была определена как 92 дня-4 часа = 368 часов избыточного солнечного света в год. Общий объем был определен как общий день в году, то есть 365 дней - 12 часов = 4380 часов. Таким образом, поправочный коэффициент для избыточного солнечного света был определен следующим образом:

$$\begin{aligned} ПК2 &= 1 - Пвx / Овx \\ &= 1 - 368 \text{ часов} / 4380 \text{ часов} \\ &= 1 - 0.0840 \\ &= 0.916 \end{aligned}$$

Циклон (ПК3)

При нормальных условиях скорость ветра довольно постоянна (5 узлов в час), но во время циклонических явлений она может достигать 120-130 узлов в час. Как правило, тайфун является одним из важных определяющих факторов для туризма в декабре и ноябре. Конкретный размер этого параметра был указан как 23 дня, общий размер составил 365 дней, а поправка

Коэффициент торнадо был рассчитан по:

$$\begin{aligned} ПК3 &= 1 - Пвx / Овx \\ &= 1 - 23 \text{ дней} / 365 \text{ дней} \\ &= 1 - 0.0617 = 0.9383 \end{aligned}$$

Качество пляжа (ПК4)

В таблице 2 представлена матрица оценки качества пляжей вместе с соответствующими поправочными коэффициентами для пляжей, результат показывает, что пляж региона Тартус занимает площадь 962550 м² (7130 м в длину и 135 м в ширину) с самым высоким туристическим потенциалом. и результаты приведены в таблице 1.

Табл. 1. Пространственный охват пляжей сирийского побережья

№0	Пляжи	Длина пляжа (м)	Ширина пляжа (м)	Общая площадь (м ²)
1	Регион Латакия	6380	120	765600
2	Регион Тартус	7130	135	962550

Пляжный туризм и осмотр достопримечательностей являются основными направлениями туризма на сирийском побережье. Качество пляжа является одним из наиболее важных параметров, который может оказать непосредственное влияние на качество пляжного туризма. Качество пляжа оказывает негативное влияние на сознание туриста и может снизить уровень приемлемости для туристов. Результаты оценки и коррекции качества пляжа коэффициент качества пляжа определялся отдельно, и результаты приведены в таблице 2.

Матрица оценки качества пляжей вместе с соответствующими поправочными коэффициентами для пляжей сирийского побережья

Табл. 2. Матрица оценки качества пляжей на сирийском побережье.

№0	Пляжи	Материал Песок/камень	Склон	Прилив	Длина пляжа	Мусор	Пляжны й цвет	Качеств о воды на пляже по цвету	Качеств во пляже	Качеств о пляжа (ПК4)
1	Регион Латакия	+	-	+	+	-	+	-	3/7	0.571
2	Регион Тартус	+	+	+	+	-	+	-	2/7	0.714

“+” Хорошее или приемлемое качество; -“Низкое или неподходящее качество.

3. Эффективная ёмкость (ЭЁ)

Определение: Максимальное количество туристов, которое может принять объект, учитывая имеющиеся возможности управления (УП).

$$ЭЁ = РЁ \times УП$$

Где: ЭЁ = Эффективная ёмкость; РЁ = Реальная ёмкость; УП = Управленческий потенциал.

$$УП = ТУ / НУ \times 100\%$$

Где: УП = Управленческий потенциал; ТУ = требования к управленческому потенциалу; НУ = наличие управленческого потенциала.

Управленческий потенциал (УП) определяется как сумма условий, которые требуются управлению туризмом для выполнения его функций и целей. Это так трудно измерить (УП).

Определение (УП) было основано на имеющейся инфраструктуре, средствах, удобствах, законодательстве, оборудовании, кадровом потенциале и бюджете.

(УП) был оценен с помощью исследования восприятия пользователя регион и оценки исследования во время полевых работ.

Управленческий потенциал определяется как сумма условий, которые требуют управления пляжным туризмом для выполнения его задач и целей. Очень сложно измерить МС. Его определение было основано на имеющейся инфраструктуре, объектах, удобствах, законодательстве, оборудовании, кадровом потенциале и бюджете.

Сирии в 2020 и 2021 годах. Согласно оценке, общий управленческий потенциал составляет 5%.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Хорошее качество пляжа обеспечивает максимальную туристическую активность, потому что оно напрямую контролирует удовлетворительный уровень туристов. Качество пляжа оценивается путем выбора некоторых параметров с помощью матричной таблицы 2, Он включает максимальное количество туристов, которые физически могут находиться в определенное время и в определенном месте, и никогда не должен превышать это значение. Коэффициент текучести кадров является важным показателем для разработки стратегий управления пляжным туризмом, поскольку он влияет на туристический потенциал конкретного места. Поправочные коэффициенты, учитываемые в этом исследовании. Общая реальная ёмкость составляет 520783 посетителя в день таблицы 3, что соответствует другому максимально допустимому количеству людей, которое должно быть разрешено. Подводное плавание с маской, треккинг, езда на велосипеде, солнечные ванны и плавание являются основными видами активного отдыха туристов на сирийском побережье. Пляж хорошего качества обеспечивает максимальную туристическую активность, поскольку он напрямую контролирует уровень, удовлетворяющий туриста. Качество пляжа оценивалось путем определения некоторых параметров, по которым для каждого пляжа различается популярность у туристов различных видов досуга в зависимости от его качества.

Табл. 3. Туристическая ёмкость Регионей

Место проведения исследования	Физическая ёмкость (ФЁ) (посетителей в день)	Реальная ёмкость (РЁ) (посетителей в день)	Эффективная ёмкость (ЭЁ) (посетителей в день)
Регион Латакия	612480	206222	10311
Регион Тартус	770040	314561	15728
Весь	1382520	520783	26039

Исследования показывают, что существует целый ряд причин, препятствующих росту туризма на территории сирийского побережья, таких как недостаток информации, плохой туристический транспорт, средства связи, оснащение, неадекватные отели и средства размещения туристов и другие недостатки инфраструктуры, отсутствие регулярных банкоматов или банков как средства экономического развития. активность и небольшое количество частных отелей, предоставляющих недорогое жилье, указывают на то, что любая попытка развивать туризм в больших масштабах будет иметь неблагоприятные последствия для окружающей среды, наиболее серьезной проблемой является нехватка пресной воды в период наплыва туристов [7]. Таким образом, усилия должны быть сосредоточены, в частности, на том, чтобы управлять твердыми и жидкими отходами, легко образующимися в секторах размещения, есть и другие проблемы, связанные с расширением туризма. Можно представить, какими могут быть потребности в случае, если больше людей будут приезжать для туризма и удовлетворять потребности в еде, воде и жилье, в настоящее время нет никаких мер по утилизации мусора, и это будет серьезной проблемой в ближайшие дни, необходимость внедрения устойчивых практик, для чего необходим комплексный план действий.

1. Повышение качества курортов, гостиниц и ресторанов, предпочтительно частным сектором.
2. Укрепление дорог и придорожных туристических объектов.
3. Внедрение и популяризация высококачественных занятий водными видами спорта.
4. Привлечение квалифицированной рабочей силы, служб безопасности и спасателей [8].
5. Управление острой нехваткой воды.

Для того, чтобы правильно понять и использовать концепцию ёмкость в стремлении к устойчивому туризму, необходимо выполнить некоторые важные базовые требования, а именно:

1. Ёмкость меняется с течением времени вместе с изменениями технических целей и процессов, влияющих на туризм, в то время как тип и масштабы туристического потока оказывают решающее влияние на изменчивость ёмкость [9].
2. Необходимо достичь соглашения о требуемых/приемлемых экологических, социальных и экономических условиях и последствиях достижения развития туризма, включая показатели мониторинга и оценки.
3. Для того чтобы концепция ёмкость использовалась в качестве действенного средства управления направлением, необходимо точно определить взаимосвязь между масштабом и типом туристического потока в конкретном регионе [10], а также вытекающее из этого воздействие.

Необходимо установить политико-законодательные и финансовые рамки работы административных органов и секторов планирования, которые могут устанавливать границы туристического использования.

ВЫВОДЫ

Концепция ёмкость особенно важна в прибрежной зоне, которая претерпевает быстрые изменения в результате возросшего антропогенного давления в определенных природных средах, в самом широком смысле ёмкость относится к способности системы поддерживать деятельность или функцию на определенном уровне, существуют небольшие и крупные типы систем. системы в прибрежной зоне, и эти системы также поддерживают различные виды деятельности туризм, который является наиболее практикуемым видом деятельности в прибрежной зоне и может варьироваться от одного места к другому, в большей степени, чем экотуризм, концепции пропускной способности связаны с идеей о том, что каждая система имеет определенные пределы или пороговые значения и не обязательно является зафиксировано во времени, исходя из текущего исследования в прибрежной зоне Сирийское правительство установило, что текущее состояние туристической деятельности находится на уровне ниже ее ёмкость, реализация туристических планов, основанных на пропускной способности, поможет инфраструктуре и объектам управления достичь их фактической ёмкость для туристов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранчок П., Баранчокова М. Оценка пропускной способности туристических маршрутов в Белянских Татрах // Экология. 2008. № 27(4). С. 401-420.
2. Бонилья Дж. Пропускная способность туристических объектов: критический обзор инструмента измерения устойчивости // Странствие Устойчивый. 2009. № 15. С. 123-150.
3. Батлер Р.У. Концепция пропускной способности туристических направлений: умерла или просто похоронена // Прогресс в исследованиях туризма и гостиничного бизнеса. 1996. № 2(3). С. 283-292.
4. Коккосси Х., Мекса А. Проблема оценки пропускной способности туризма: теория и практика // Ashgate Publishing Ltd. 2004.
5. Госслинг С. Глобальные экологические последствия туризма // Глобальные экологические изменения. 2002. № 12. С. 283-302.
6. Джонсон П., Томас Б. Туристический потенциал: критический анализ // Устойчивый туризм на островах и в малых государствах: проблемы и политика. 1996. С. 118-136.
7. Йовичич Д., Драгин А. Оценка пропускной способности – важнейший инструмент управления туристическими эффектами в туристических дестинациях // Туризм. 2008. № 12. С. 4-11.
8. Ко Д. Оценка прогресса в обеспечении устойчивости туризма // Анналы исследований туризма. 2001. № 28. С. 817-820.
9. Саян М.С., Атик М.С. Оценки пропускной способности рекреационных зон для охраняемых территорий: исследование национального парка Термессос // Экология. 2011. № 20(78). С. 66-74.
10. Захариас Д.А., Уильямс А.Т., Ньютон, А. Оценка пропускной способности рекреационных зон для поддержки управления пляжами в Прайя-де-Фару, Португалия // Прикладная география. 2011. № 31. С. 1075-1081.

ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗМЕЩЕНИЯ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРА НА ТЕРРИТОРИИ ТОЛЬЯТТИ В КОНТЕКСТЕ СИСТЕМЫ РАССЕЛЕНИЯ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

О.А. Малкина¹, И.В. Кузнецов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*o.malkina01@mail.ru*

²*KuznetsovIV@mgsu.ru*

Аннотация

В статье рассмотрены предпосылки формирования научно-образовательного кластера регионального значения в Тольятти в структуре системы расселения. Проанализирована насыщенность включения в функциональную программу социально-экономического развития Самарской области в целом и Тольятти в частности объектов, функционально связанных с наукой и профессиональным образованием. Теоретической базой исследования послужили как научные работы по развитию кластеров научно-образовательного направления, так и анализ существующих международных проектов, предполагающих функциональное насыщение различных регионов посредством развития научно-образовательных кластеров.

ВВЕДЕНИЕ

В России находятся 313 монопрофильных муниципальных образований (распоряжение правительства России от 29 июля 2014 года №1398-р). Самым крупным по численности населения моногородом, согласно данным Росстата по состоянию на 1 января 2023 года, является Тольятти, градообразующими предприятиями которого являются автомобилестроительный завод, химические предприятия и гидроэлектростанция. Ограниченность разнообразия мест приложения труда и дефицит новых высококвалифицированных кадров побуждает градостроителей к созданию и поддержанию функционального разнообразия территорий, а также к проектированию новых объектов научно-образовательного характера.



Рис. 1. Общее количество высших учебных заведений и количество высших учебных заведений технического профиля в Самаре, Тольятти, Сызрани и Кинеле (схемы составлены О. А. Малкиной)

В стратегии социально-экономического развития Самарской области до 2030 года (утверждена постановлением правительства Самарской области от 12 июля 2017 года №441), базирующейся на аналогичной стратегии федерального уровня [1] определены задачи (п. 3.2.4), направленные на:

- создание на базе ведущих профессиональных образовательных организаций центров опережающей подготовки и сети мастерских, оснащённых современным

высокотехнологичным оборудованием; на развитие кооперации учебных заведений, в том числе с бизнесом, создание межвузовских научных центров,

- развитие университетов в качестве инновационных площадок, генераторов инноваций и новых технологий,
- реализацию механизмов стимулирования научной деятельности.

Однако фактически в Самарской области насчитывается порядка 20 высших учебных заведений (рис. 1): только один из этих университетов (в т. ч. технического профиля) обладает категорией «национальный исследовательский» (в Самаре). В Тольятти же есть только один опорный университет с техническими направлениями – ТГУ. Реализация вышеуказанных задач позволит достичь развития системы образования и кадрового обеспечения экономического роста города и региона.

Достижение задач, обозначенных выше, может быть осуществлено посредством реализации на территории Тольятти проекта научно-образовательного кластера регионального значения. Сложившаяся градостроительная ситуация Автозаводского района позволяет расположить такой комплекс именно на неосвоенных в настоящий момент территориях перспективного пространственно-планировочного развития этого района города [2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рамках исследования была проанализирована научно-техническая и нормативно-правовая литература по градостроительному и социально-экономическому развитию Тольятти в рамках развития региона и городской агломерации, проанализирована территория города на предмет определения площадки, перспективной для расположения научно-образовательного кластера регионального значения. Графоаналитический анализ территории проводился при помощи географической информационной системы QGIS.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Особенности градостроительного развития Тольятти в системе расселения Самарской области

Для эффективного функционирования городов и минимизации оттока населения из них необходимо создать единое социально-экономическое пространство агломерации [3]. Для реализации этой задачи между городами должна быть налажена транспортная связь [2, 4]. Строительство автомобильного моста в районе Климовки, окончание которого запланировано на 2024 год, позволит организовать обход города Тольятти в структуре федеральной трассы М-5 «Урал» и сделать шаг не только к реализации этапа международного транспортного коридора «Западная Европа – Западный Китай», но и к созданию в Самарской области замкнутой кольцевой транспортной структуры агломерационного значения (конурбации).

Планируемое транспортное развитие региона подтверждается существующей системой расселения, а также документацией территориального планирования Тольятти, предусматривающей активное пространственное разрастание Автозаводского района в западном направлении в сторону посёлка Приморский, села Подстёпки и строящегося моста, который в будущем соединит город с селом Климовка.

Несколько различные видения пространственно-планировочного развития системы расселения Самарской области схожи в том, что в регионе наблюдаются агломерационные процессы пространственной и социально-экономической интеграции соседних населённых пунктов [5, с. 25], что может оказывать благоприятное влияние на экономику региона и развитие его потенциала, в том числе и научно-образовательного. На начальных этапах формирования Самарско-Тольяттинской агломерации наблюдались тенденции взаимного пространственного срастания Самары и Тольятти.

Один из авторов планировки Автозаводского района Тольятти Б. Р. Рубаненко видел пространственное развитие города в северном направлении в структуре Жигулёвско-

Сызранской агломерации, которая могла бы включать в себя помимо Тольятти ещё Сызрань и Дмитровград [6, с. 6]. Самара же в этой концепции развивалась в южном направлении [7, с. 49], объединяясь с Чапаевском, Новокуйбышевском и Кинелем [6, с. 6].

Однако впоследствии постепенно складывалось понимание, что населённые пункты Самарской области, расположенные в кольцевой системе вокруг Самарской Луки, образуют кольцевую систему взаимосвязанных населённых мест на основе крупных городов-центров [8]. В этой концепции крепнет убеждение, что развитие происходит не только в южную сторону, но и на север через Дмитровград и Ульяновск к Набережным Челнам и Казани [8].

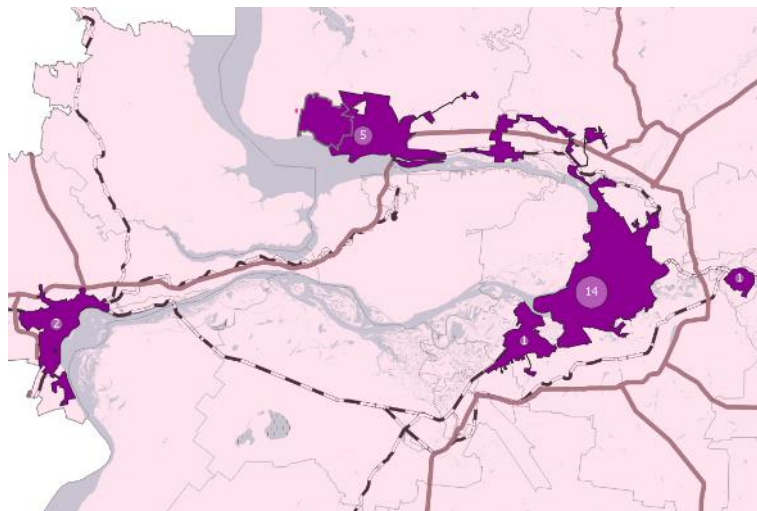


Рис. 2. Современное состояние системы расселения в границах Самарско-Тольяттинской агломерации с указанием основных транспортных коридоров (автомобильных и железнодорожных) и количества основных высших учебных заведений в каждом городе (схема составлена О. А. Малкиной)

В настоящее же время считается, что Самарско-Тольяттинская агломерация является полицентрической и включает в себя 8 городов и 9 районов (согласно данным Министерства экономического развития и инвестиций Самарской области). Их транспортная связь осуществляется посредством автомобильных и железных дорог, а высокий научно-образовательный потенциал может способствовать созданию сети научно-образовательных кластеров регионального значения [2, 4] (рис. 2).

Формирование Тольятти в структуре кольцевого развития системы расселения Самарско-Тольяттинской агломерации, а также высокий научно-образовательный потенциал региона, требующий внимательного градостроительного планирования, в том числе последовательной градостроительной политики в области развития научно-образовательных функций, находит отражение в развитии научно-образовательных кластеров регионального значения на уровне международного опыта, что подтверждает актуальность темы исследования.

2. Международный опыт формирования научно-образовательных кластеров регионального и агломерационного значения

Анализ международного опыта по решению задач, направленных на создание структурных подразделений профессиональных образовательных организаций на базе ведущих предприятий региона, позволит выявить актуальные тенденции градостроительного комплекса в этом направлении.

Говоря о зарубежном опыте развития научно-образовательных кластеров регионального уровня, стоит выделить устойчивого лидера в данном направлении – США. Наиболее крупные кластеры расположены в штатах Калифорния, Нью-Йорк, Массачусетс, Пенсильвания и Нью-Джерси [9, 10]. Научно-образовательный кластер в Нью-Джерси,

образованный вблизи Нью-Йорка и Филадельфии, объединяет 4 колледжа и 4 университета, расположенных в двух округах. Учебные заведения фокусируются только на специализированных образовательных программах и взаимодействуют друг с другом, при этом поддерживаются концентрацией предприятий родственных и обслуживающих отраслей [9, 10].

В Европе же насчитывается около 70 научно-образовательных кластеров, наиболее развитые располагаются в таких странах как Великобритания, Франция, Польша, Нидерланды. В Нидерландах самой густонаселенной провинцией является Южная Голландия, в которой сконцентрирован ряд всемирно известных образовательных и научных центров [1]. Здесь размещаются университеты Лейдена, Делфта и Роттердама и др. (конурбация Рандстад). Деловые пространства агломераций Роттердама и Гааги стали основой для высокой экономической активности региона [1].

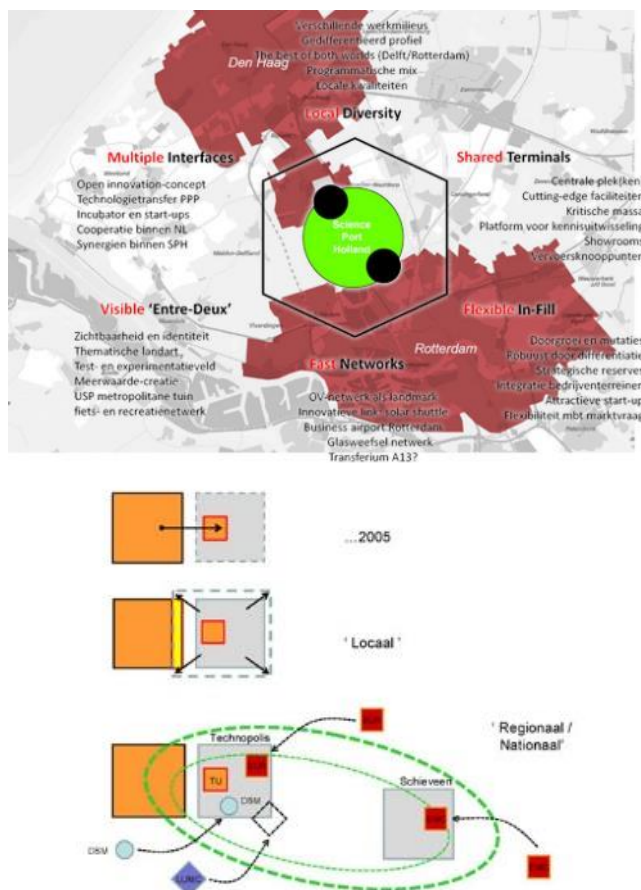


Рис. 3. Региональная стратегия развития ведущего научного парка Science Port Holland в Нидерландах (источник изображений: www.ggau.net, дата обращения: 08.12.2023)

Существует проект региона науки Сайенс Порт Холланд (рис. 3), входящего в мега-агломерацию Роттердам–Делф–Гаага–Лейден. В рамках указанного проекта должна быть решена задача по усилению региональных позиций научно-образовательного кластера через выведение на глобальный уровень нескольких крупных научных учреждений (Дельфтского технологического университета, Университета Эразма в Роттердаме, Лейденского университета и Биомедицинского парка) [1]. Проект предусматривает активное развитие территорий с формированием трёхчастной структуры, объединяющей южную часть Делфта, северную часть Роттердама и ландшафтного парка между ними (рис. 3). Такое градостроительное решение позволит включить научно-образовательный кластер в экономику не только отдельного города, но и всего региона и поспособствует эффективному развитию территорий в этом регионе.

ВЫВОДЫ

Проведённый анализ показывает, что монопрофильный город способен эффективно включиться в систему расселения посредством функциональных и транспортных связей, а международный опыт подтверждает, что интеграция городской научно-образовательной функции в региональную систему, объединяющую комплекс промышленных, научно-исследовательских, культурно-просветительских, экономических и рекреационных функций, способствует сбалансированному экономическому развитию региона.

Пример Тольятти показывает, что развитие научно-образовательной сферы на базе существующих производственных площадок способно нивелировать демографическую ситуацию, отягощённую оттоком населения из города. Перспективной площадкой для формирования научно-образовательного кластера в Тольятти авторам видятся неосвоенные территории к западу от оси «улица Заставная – Московский проспект» и к югу от Южного шоссе, имеющие к этому потенциал за счёт близости уже имеющихся объектов научно-производственного и научно-образовательного характера, а также неосвоенных градостроительных резервов [11]. Активно развивающаяся транспортная система позволит вывести этот кластер не только на городской уровень, но и на уровень системы расселения всего региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кулешова, Г. И.* Пространственные и инвестиционные аспекты инновационной экономики, обусловленные развитием научно-инновационного комплекса территорий // *Academia. Архитектура и строительство.* – 2023. – № 2. – С. 135-144. – DOI 10.22337/2077-9038-2023-2-135-144.
2. *Солодилов, М. В.* Архитектурно-пространственная трансформация моногорода для преодоления кризисных явлений (на примере г. Тольятти): автореф. дис. ... канд. архитектуры: 05.23.20. – Нижний Новгород, 2016. – 30 с.
3. *Мельникова, В. М.* Особенности становления социально-пространственной среды нового крупного города (на примере г. Тольятти): автореф. дис. ... канд. архитектуры: 18.00.04. – Москва, 1989. – 25 с.
4. *Родионовская, И. С., Попов, А. В.* Университет в примагистральном пространстве // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века.* – 2010. – № 10 (141). – С. 38-39.
5. *Ахмедова, Е. А.* Региональный ландшафт: история, экология, композиция (ландшафтные исследования в градостроительстве): монография. – Самара: Книжное издательство, 1991. – 248 с.
6. *Рубаненко, Б. Р., Образцов, А. С., Савельев, М. К.* Новый Тольятти. – Москва: Знание, 1971. – 64 с.
7. *Малоян, Г. А.* Агломерация - градостроительные проблемы: монография. – Москва: АСВ, 2010. – 120 с.
8. Преобразование среды крупных городов и совершенствование их планировочной структуры / ред.-сост. *В. А. Лавров.* – Москва: Стройиздат, 1979. – 126 с.
9. *Матушанский, Г. У., Гарифуллина, Р. Р., Бакеева, Р. Ф.* Инновационные территориальные образовательные кластеры: зарубежный и отечественный опыт // *Вестник Казанского технологического университета.* – 2014. – Т. 17. – № 1. – С. 354-358.
10. *Корчагина, Н. А.* Образовательные кластеры как основа повышения конкурентоспособности учебных заведений // *Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии.* – 2009. – № 3 (7). – С. 78-85.
11. *Веретенников, Д. Б.* Историческое развитие и особенности формирования системы центральных и пешеходных пространств Тольятти // *Градостроительство и архитектура.* – 2020. – Т. 10. – № 3 (40). – С. 123-136. – DOI 10.17673/Vestnik.2020.03.16.

ПОДХОДЫ ПО УСТОЙЧИВОМУ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОМУ РАЗВИТИЮ ТЕРРИТОРИЙ ВДОЛЬ ОБЪЕКТОВ ИНЖЕНЕРНО-ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ (МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ)

И.П. Иванов¹, И.В. Кузнецов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*ilya.p.ivanov2001@yandex.ru*

²*KuznetsovIV@mgsu.ru*

Аннотация

Одним из наиболее ценных ресурсов города являются его территории. В этом контексте важна степень интенсивности их использования. В связи с различными особенностями застройки, в том числе соблюдением санитарно-гигиенических норм и правил, а также существованием в их рамках различных планировочных ограничений в городах могут существовать весьма пространственные зоны, незанятые гражданской застройкой или территориями общего пользования, открытыми для горожан. В статье с целью анализа международного опыта градостроительного освоения таких территорий, рассматриваются территории, расположенные вдоль объектов инженерно-транспортной инфраструктуры, на примере некоторых крупнейших городов стран Центральной и Юго-Восточной Европы.

ВВЕДЕНИЕ

Близость городских территорий к объектам инженерно-транспортной инфраструктуры сопряжена с различными планировочными ограничениями и особыми условиями использования территорий [1, 2]. Эти ограничения оказывают большое влияние на характер использования таких территорий. В большинстве случаев они представляют собой либо заросшие деревьями и кустарниками неблагоустроенные озеленённые участки, либо коммунально-складские и хозяйственно-бытовые зоны, либо и вовсе пустыри. В некоторых же случаях такие территории используются под благоустроенные линейные парковые зоны или же как грамотно спланированные парковочные места [3, 4, 5].

В Москве поднятая проблема существует, например, на юге района Бибирево, неподалёку от поймы реки Чермянки, где узкий фрагмент территории между ул. Плещеева и железнодорожной веткой (промышленная станция «Медведково») занят преимущественно стоянками автотранспорта и планировочно отрывает Бибирево от Отрадного и Южного Медведкова, а также перспективной рекреационной зоны вдоль поймы реки Чермянки.

Для выявления направлений и подходов по решению поднятой проблемы представляется полезным проанализировать территории городов со схожими планировочными характеристиками и аналогичными градостроительными проблемами. Для анализа были выбраны территории крупнейших столичных городов стран Центральной и Юго-Восточной Европы, застройка и улично-дорожная сеть которых формировались в схожих с периферийными районами Москвы социально-экономических условиях. Были выбраны территории в Белграде (Сербия), Будапеште (Венгрия), Бухаресте (Румыния), Софии (Болгария) и Варшаве (Польша). Рассматриваемые территории расположены в периферийных районах этих городов и включают в себя либо железнодорожные пути, либо иные пространственные разрывы городской ткани.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рамках исследования была изучена научно-техническая литература по поднятой проблеме, а также проанализированы городские территории, схожие по планировочной структуре и сложившейся градостроительной ситуации с периферийными районами

Москвы, для которых характерны разрывы городской ткани объектами инженерно-транспортной инфраструктуры и низкая освоенность близлежащих территорий.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ городов-аналогов показывает, что вдоль объектов инженерно-транспортной инфраструктуры как правило располагаются неблагоустроенные зоны озеленения, а также объекты промышленного, коммунально-складского или хозяйственно-бытового назначения. Кроме того, такие зоны разрывают городскую ткань, тем самым обособляя друг от друга жилые районы города [6, 7].

Это видно, например, по ситуации вдоль железной дороги и ул. Поенкареова в Белграде, где связь разрозненных жилых районов обеспечена на расстоянии порядка 1 км: именно на таком расстоянии расположены автомобильный тоннель (с узким тротуаром) под железной дорогой на западе анализируемого участка и автомобильный мост (также с узким тротуаром) на востоке этого участка. На этом участке вдоль железнодорожных путей отсутствуют широкие озеленённые санитарные зоны, как и крупные рекреационные зоны для местного населения. Вдоль железнодорожных путей расположены небольшие здания коммерческого назначения, а также автомобильные стоянки (рис. 1).



Рис. 1. Фрагмент территории района Viline Vode Белграда (схема составлена И. П. Ивановым)



Рис. 2. Фрагмент территории района Sashalom Будапешта (схема составлена И. П. Ивановым)

В Будапеште железнодорожная линия разделяет собой два района жилой застройки. Поблизости отсутствуют производственные и крупные коммерческие объекты, но вдоль путей сообщения расположена линейная озеленённая зона, с восточной стороны также вдоль железной дороги напротив жилых домов располагаются крытые (с навесом) места постоянного хранения автомобилей (рис. 2).

В Бухаресте железнодорожная линия также отделяет друг от друга 2 жилых района. С северной стороны железной дороги расположены кварталы жилой застройки с соседствующим с ними промышленной зоной. С южной же стороны – новые жилые комплексы и небольшой благоустроенный сквер. Непосредственно вдоль самой железной дороги находится зона высокоствольного озеленения без обустройства прогулочных зон для населения (рис. 3).

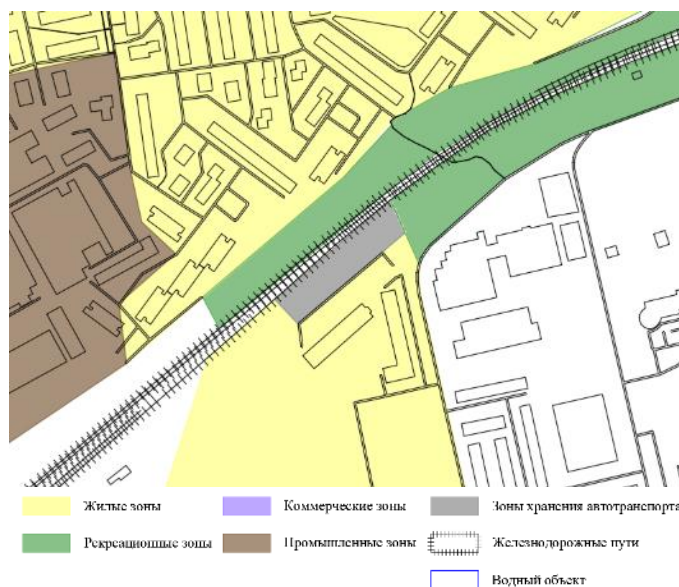


Рис. 3. Фрагмент территории района Sectorul 1 Бухареста (схема составлена И. П. Ивановым)

Пример в Софии не подразумевает наличие железной дороги, но здесь имеется канал городской речки Владая, который расположен между жилыми районами и лишь частично благоустроен для общего пользования горожанами в качестве рекреационной зоны (рис. 4).

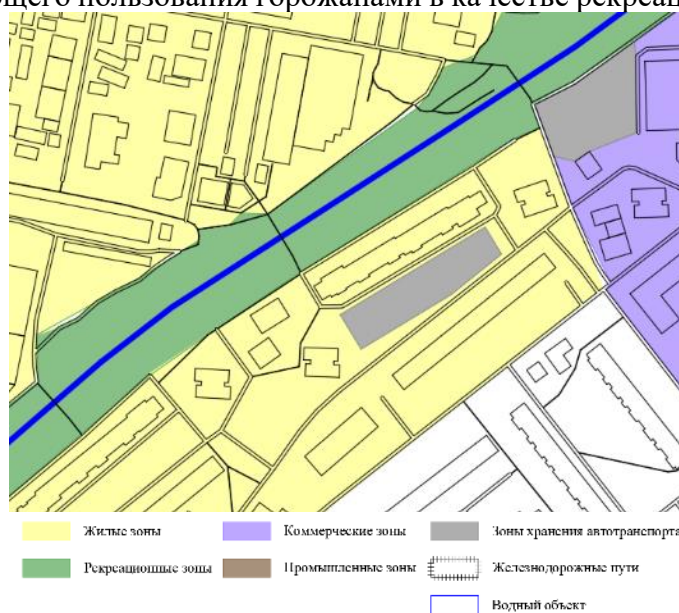


Рис. 4. Фрагмент территории района Vazrazhdane Софии (схема составлена И. П. Ивановым)

В модном жилом районе Варшавы – Мокотув – железная дорога отделяет жилую застройку от зоны бизнес-центров и торговых комплексов, вдоль самих путей имеется неблагоустроенная озеленённая зона с произвольными пешеходными тропами (рис. 5).

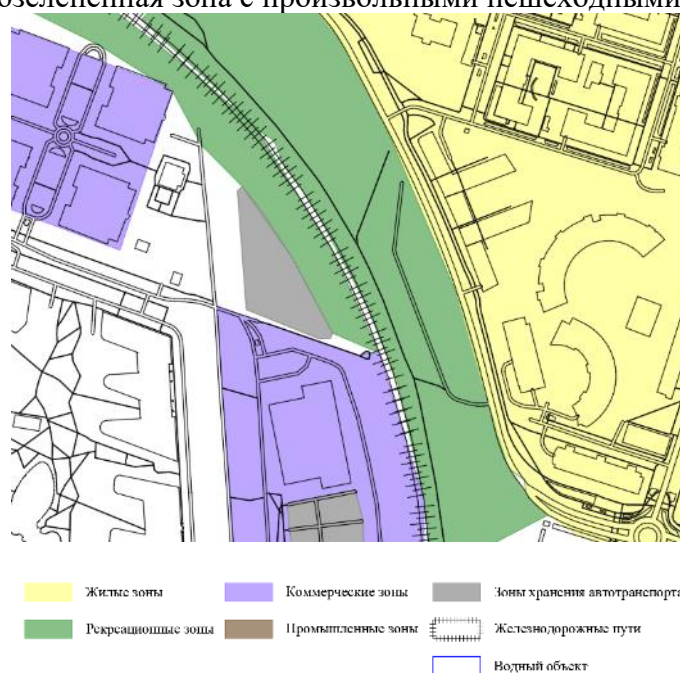


Рис. 5. Фрагмент территории района Mokotów Варшавы (схема составлена И. П. Ивановым)

Проведённый анализ функционального наполнения территорий вдоль объектов инженерно-транспортной инфраструктуры позволяет предварительно определить основные функциональные зоны, прилегающие к таким объектам в городах со схожей градостроительной ситуацией, что и, например, в Москве (табл. 1).

Табл. 1. Сводная таблица функциональной насыщенности территорий, прилегающих к объектам инженерно-транспортной инфраструктуры, в различных городах Центральной и Юго-Восточной Европы (таблица составлена И. П. Ивановым)

Город	Функциональное насыщение территории				
	Жилые зоны	Производственные зоны	Коммерческие зоны	Рекреационные зоны	Зоны хранения автотранспорта
1	2	3	4	5	6
Белград, Сербия	+	–	+	–	–
Будапешт, Венгрия	+	–	–	– (только озеленённые территории)	+
Бухарест, Румыния	+	+	–	+	+
София, Болгария	+	–	+	– (только озеленённые территории)	+
Варшава, Польша	+	–	+	– (только озеленённые территории)	+

Центральноевропейский опыт показывает, что помимо жилья (которое во многих случаях непосредственно граничит с железной дорогой) перспективным направлением

освоения таких территорий является организация озеленённых рекреационных зон и выделение зон для хранения личного автотранспорта [1, 2, 6].

ВЫВОДЫ

Проведённый анализ территорий, расположенных вдоль объектов инженерно-транспортной инфраструктуры, в крупнейших городах, таких как Бухарест, Варшава, Будапешт, Белград и София, показывает, что городские территории, расположенные вдоль объектов инженерно-транспортной инфраструктуры. Являются важным градостроительным резервом, который имеет высокий потенциал к пространственно-планировочному освоению. Международный опыт иллюстрирует, с одной стороны – важность таких территорий, как буферных зон, способствующих благоприятному соседству гражданской застройки (жилых и общественных кварталов) и зон промышленного, коммунально-складского и хозяйственно-бытового назначения, а с другой стороны – существующие возможности ревитализации (в данном контексте – с точки зрения экологического аспекта) и джентрификации (в данном контексте – с точки зрения социально-экономического аспекта) таких территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Жоголева, А. В.* Устойчивое транспортно-пешеходное решение жилой застройки // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Градостроительство: сборник статей / Под ред. М. И. Бальзанникова, К. С. Галицкого, Е. А. Ахмедовой. – Самара: СГАСУ, 2017. – С. 65-69.
2. *Виноградов, К. И.* Особенности формирования территорий, прилегающих к элементам транспортной инфраструктуры в крупнейших городах // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы конференции / Под ред. М. И. Бальзанникова, Н. Г. Чумаченко. – Самара: СГАСУ, 2014. – С. 334-336.
3. *Лекарева, Н. А., Папшев, Н. С.* Принципы архитектурно-пространственного формирования безопасной транспортной инфраструктуры города // Градостроительство и архитектура. – 2019. – Т. 9. – № 2 (35). – С. 61-67. – DOI 10.17673/Vestnik.2019.02.9.
4. *Разгулова, А. М.* Возможность создания линейных парков на основе неиспользуемых элементов железнодорожных путей: анализ зарубежного опыта // Academia. Архитектура и строительство. – 2015. – № 4. – С. 110-120.
5. *Федорова, Д. С., Копьева, А. В., Масловская, О. В.* Современный отечественный и зарубежный опыт формирования многоуровневых линейных парков // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации. – 2022. – № 6. – С. 155-162.
6. *Вавилова, Т. Я.* Актуальные тренды архитектурного проектирования в эпоху устойчивого развития. Часть 1. Учёт экологических факторов // Градостроительство и архитектура. – 2023. – Т. 13. – № 2 (51). – С. 147-155. – DOI 10.17673/Vestnik.2023.02.20.
7. *Лекарева, Н. А.* Градостроительная организация транзитных прирельсовых территорий // Научное обозрение. – 2015. – № 14. – С. 47-49.

АРХЕТИП ЖИЛИЩА АЛЕППО КАК ИНФОРМАЦИОННЫЙ КОД РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ ЖИЛОЙ СРЕДЫ ГОРОДА.

Х.Х. Сулейман¹, Ю.В. Анисимов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹khalil.suliman.sy.ru@yandex.ru

²anisimov-u@yandex.ru

Аннотация

Статья посвящена анализу архетипов жилища одного из регионов Сирии, в частности города Алеппо, его центральной исторической части, отличающейся наиболее устойчивыми признаками национальных традиций и местной идентичности в формировании структуры жилища, которые могут быть использованы в восстановлении и развитии современной жилой среды города. Авторами рассматриваются нынешнее состояние и изменения, произошедшие в жилой архитектуре города за последнее столетие, поскольку социальные трансформации в регионе, особенно в период после недавней войны, привели к забвению, а порой и утрате, этих характерных особенностей, хотя основанная на них прикладная модель жилища принята во многих странах Ближнего Востока и арабского мира. В результате исследования выявлены основные архетипы жилища в Алеппо, некоторые наиболее устойчивые характеристики и признаки идентичности, в совокупности являющиеся своеобразным генетическим информационным кодом, применительно к восстанавливаемой и современной жилой застройке Алеппо.

Ключевые слова: Архетип, идентичность, жилище с внутренним двором, историко-культурная ценность

ВВЕДЕНИЕ

В сфере архитектуры и урбанизма инновации возникают из континуума структурных повторений и шагов развития, слияния переходных шагов, накапливающихся как количественно, так и качественно в течении столетий. Преобразующие сдвиги в обществе сложным образом влияют на эти процессы, формируя физический ландшафт наших городов. Города, будучи хранилищами информации, отражают технологические, экономические и культурные метаморфозы, однако их развитие часто сталкивается с препятствиями, вызванными неверными приоритетами и недальновидностью. Инициативы устойчивого развития, вроде Местной Повестки дня на XXI век, изменили свой курс, подчеркивая важность городского управления для устойчивого роста. [1]

В контексте модернизации городской структуры Алеппо, особенно после войны в Сирии, становится ясным, насколько важно восстановление регионов и поддержка устойчивых проектов через принятие решений, основанных на комплексном подходе, обращении к историческому опыту и национальным культурным традициям, интегрированными с новыми современными технологиями как неотъемлемой составляющей умного городского развития, направленного на объединение прежде разрозненных измерений, таких как: комфортность, экологичность, цифровые пространства, инновации и креативность [2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании привлекались материалы по истории развития жилища города Алеппо, других городов Сирии и Ближнего Востока, научные труды Ильина, Б. Эдварда, М. Сибли, М. Хакми и П. Лэнда, Абидин, М.З проводились натурные обследования исторической жилой застройки центральной части Алеппо, а именно: конфигурация и этажность жилища, функциональное назначение помещений в зависимости от этажности, смена функций и причины, особенности связи дворового пространства с жилищем и улицей, ландшафтный

дизайн двора, хозяйственное использование подземного пространства двора, технические основы создания комфортного микроклимата двора. Использовались графоаналитические методы в исследовании структуры жилого дома.

Жилище с внутренним двором — одна из старейших форм внутреннего развития, насчитывающая не менее 5000 лет и встречающаяся в своеобразной форме во многих регионах мира. Традиционно связанный с Ближним Востоком, где климат и культура сформировали определенный тип жилья с внутренним двором, другие примеры существуют в Латинской Америке, Китае и Европе, где модель получила свою интерпретацию. [3]

В то же время нельзя сказать, что климат является основной причиной строительства дома с внутренним двором — например, в Милане и Алеппо один и тот же тип здания, но климатические условия абсолютно разные. Возможно, причина рассеянного присутствия дома во внутреннем дворе кроется в преемственности византийской культуры; в районах, которые были покинуты Римской империей, возрождение здания было основано на относительно регрессивном типе, почти соответствующем элементарной ячейке. В исламском мире тип внутреннего двора, унаследованный от Византии, также эффективно отвечал основным мусульманским требованиям уединения и защиты женщин. Это объясняет легкий переход Омейядов от более ранних йеменских моделей к типу внутреннего двора, когда они достигли берегов Средиземного моря. [4]

Целью исследования

Выявить архетипы жилища Алеппо, их наиболее устойчивые характерные особенности и признаки, которые могут быть использованы в возрождении исторической жилой застройки центра Алеппо, имеющей высокую историко-культурную ценность, а также в проектной интерпретации и строительстве современного жилища, поддерживающего требования комфорта, идентичность и традиции места.

Основная часть

Изменения в городской ткани и стиле традиционного жилья в городе Алеппо начались в начале прошлого века и сопровождалась затем появлением новых жилых районов с иными архитектурными характеристиками. Соответственно, в статью будет включено исследование изменения, произошедшие в особенностях жилищного строительства в городе Алеппо с середины XX века до начала XXI века. Проследивая развитие структуры жилья в городе Алеппо, мы практически можем выделить три модели жилья, каждая из которых является продуктом социальных, экономических, технических изменений:

1. Традиционное жилище (было связано с зарождением и становлением жилища с внутренним двором, период III в. до н. э. - начало XX в.)

2. Жилье на переходном этапе (Жилье в переходный период было связано с периодом мандата до обретения независимости)

3. Современное жилье (Современное жилье связано с периодом времени, начиная с эпохи независимости до нашей нынешней ситуации)

1- Традиционное жилище:

Жилище с внутренним двором - центральным организующим пространством, имеет многовековую историю. В сирийских городах жилище с внутренним двором возникло в начале третьего тысячелетия до н.э., когда оно появилось в районах между двумя реками: Тигром и Евфратом. Понятие и пространственное обозначение двора зародилось у арабских кочевников во время их передвижения и пребывания в пустыне. Они разбивали свои палатки вокруг центрального пространства, которое обеспечивало убежище и безопасность их скоту. С развитием арабо-исламской архитектуры двор стал важным типологическим элементом. Вполне вероятно, что предыдущий кочевой образ жизни арабов в пустыне оказал сильное влияние на их желание иметь открытое пространство или места в своих

постоянных домах. Таким образом, двор удовлетворяет глубоко укоренившуюся потребность в открытом пространстве для жизни. [5]

Анализ архитектурных особенностей традиционного с многовековой историей жилища Алеппо демонстрирует трехчастное по вертикали деление дома с внутренним двором:

- Подвальный этаж.
- Первый этаж, где расположены основные жилые помещения, известный как «Саламлик».
- Второй этаж – частная зона под названием «Харамлик». (рис.1).

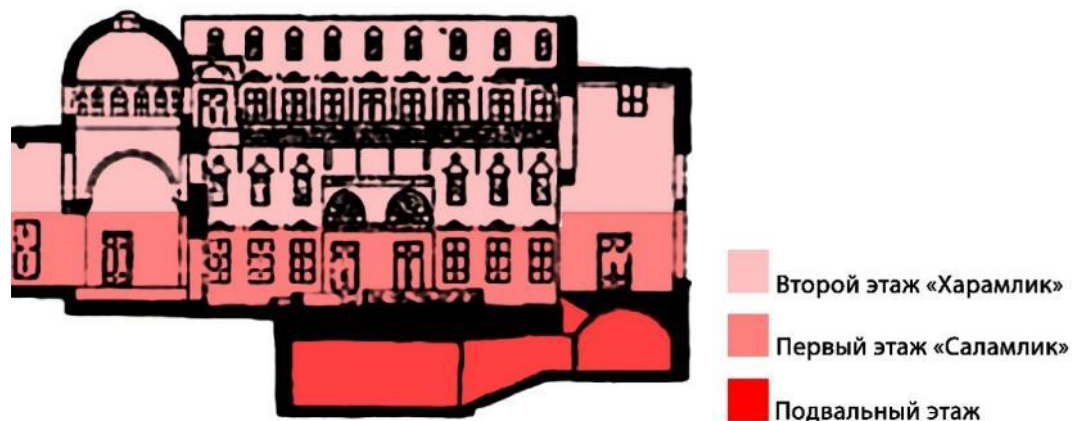


Рис. 1. План жилища Алеппо с двором, АБИДИН, М.З. (2006). Дворовые дома Сирии. Источник: Б. Эдварда, М. Сибли, М. Хакми и П. Лэнда, «Жилище во дворе, прошлое, настоящее и будущее» (стр. 41–53). США и Канада: Тейлор и Фрэнсис.

Жилище Алеппо с двором имеют особые архитектурные элементы, которыми являются (рис. 2):

- Двор (внутренний двор)
- Айван
- Холл или приемная.

Внутренний двор жилища — это его сердце, гарантирующее уединение и приватность. Открытый к небу, он направляет к помещениям и сближает семью. Облагороженный деревьями и цветами, он приятно охлаждает дом ночью, а в дневное время освещает его, помогая сохранить прохладу в стенах и обеспечивая естественное освещение. Часто здесь имеется пруд по центру, увлажняющий атмосферу и создающий спокойную обстановку.

Айван — это помещение с высокими потолками, окружённое тремя стенами, высота которых превышает два этажа. Оно возвышается над фасадами двора дома, притягивая внимание всех находящихся во дворе. Его пол находится приблизительно на 40 сантиметров выше уровня двора, что позволяет жильцам наслаждаться отдыхом здесь летом, вдали от солнечных лучей, с обзором всего двора. Подобные помещения встречаются не только в жилых домах, но и в общественных зданиях, таких как: мечети, школы и бимаристаны. Их преимущество заключается в защите от жаркого солнца и создании защитной зоны от ветра.

Холл или приемная отражает уважение к гостям и заботу о их комфорте. Он состоит из низкой части, выложенной мрамором, и высокой, обитой коврами, окруженной деревянными сиденьями. Некоторые семьи создают уникальные залы приема с большими куполами, становящимися яркой частью дома и используемыми в жаркие или дождливые дни. Здесь мраморный пол с небольшим фонтанчиком и тонкой роскошной мраморной отделкой, похожей на внутренний дворец, с изысканными деревянными элементами. [5]

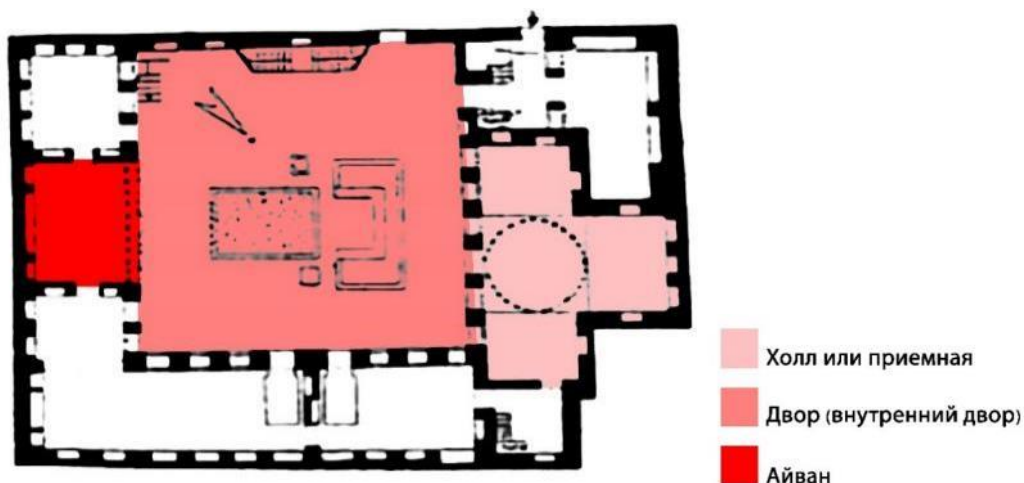


Рис. 2. План жилища Алеппо с внутренним двором, АБИДИН, М.З. (2006). Дворовые дома Сирии. Источник: Б. Эдварда, М. Сибли, М. Хакми и П. Лэнда, «Жилище во дворе, прошлое, настоящее и будущее» (стр. 41–53). США и Канада: Тейлор и Фрэнсис.

Кроме того, подвал также оснащен вентиляционным каналом, связанным с крышей через стену, известным как Аль-Малкаф или 'бадеханджик'. Это известный образец вентиляции в арабской архитектуре, демонстрирующий способность арабского архитектора адаптировать архитектуру к климатическим условиям. Ветры часто дуют с юга, преимущественно в Алеппо, и отверстие в крыше располагается на стороне, обращенной к направлению этих ветров, что позволяет воздуху поступать и направляться в помещения дома. Это отверстие на крыше также служит для вентиляции в периоды, когда ветры не дуют. Аль-Малкаф (бадеханджик) также выступает в качестве хранилища тепла. Камни, из которых он построен, изолированы от солнечных лучей стенами комнат, остаются прохладными ночью, а на следующий день, когда воздух нагревается солнечным теплом, Аль-Малкаф остается холодным, охлаждающим воздух, поступающий в него. Поскольку холодный воздух тяжелее теплого, он спускается через Аль-Малкаф, освежая жителей комнат, в которые он поступает. (рис.3).

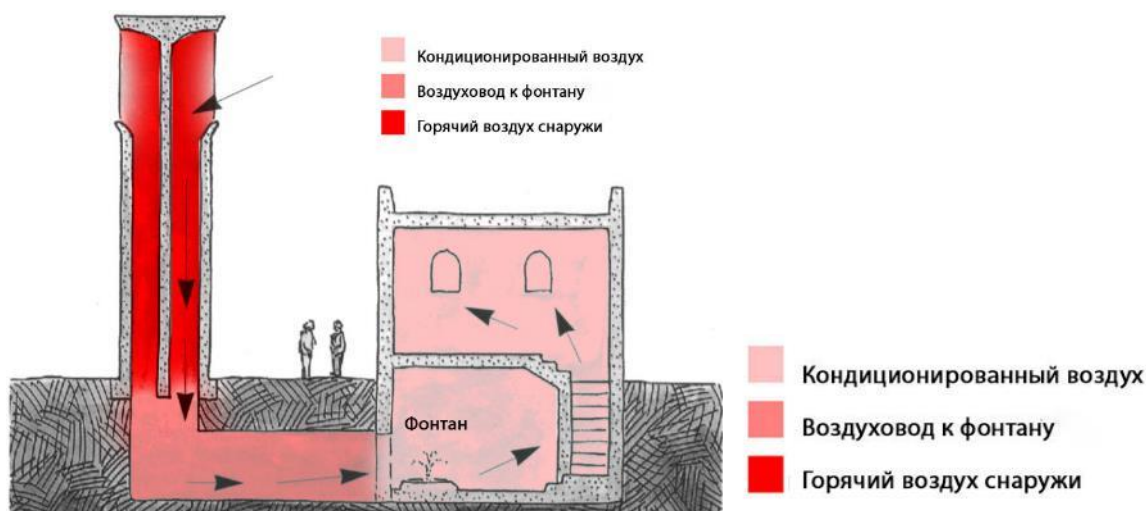


Рис. 3 Аль-Малкаф, подобный тому, что показан на изображении и отдельно стоящий от здания, захватывает горячий внешний воздух и превращает его в прохладный воздух внутри подземного тоннеля, используемого для охлаждения жилища. Источник изображения и подписи: Джонсон, Уоррен, «Сохранение охлаждения и отопления в исламской архитектуре», стр. 39–40.

2- Жилище на переходном этапе

Новые изменения, которые сосредоточились в основном на внешних аспектах жизни, оказали незначительное влияние на культурные обычаи и ценности населения. Но социальные изменения в структуре и составе семьи, рост индивидуальности и тенденция к формированию самостоятельной семьи среди молодежи, а также предмет труда и отсутствие его привязки к конкретному месту, сопровождались изменениями структуры и формы жилья, его площади, технических компонентов, а также функционального использования помещений. Определилась функция каждого помещения, открывающегося наружу, образовалось единое с другими жильцами пространство входа (одна лестница). При этом внутренний двор оставался важнейшим элементом конструкции жилища, потому что был свидетелем изменения его местоположения, и уже не был центральным. Наконец, можно сказать, что социальное, экономическое и техническое развитие этого периода привело к глубоким дизайнерским преобразованиям в форме и содержании жилья. Это можно наблюдать по наличию трех типов жилых домов: (рис.4).

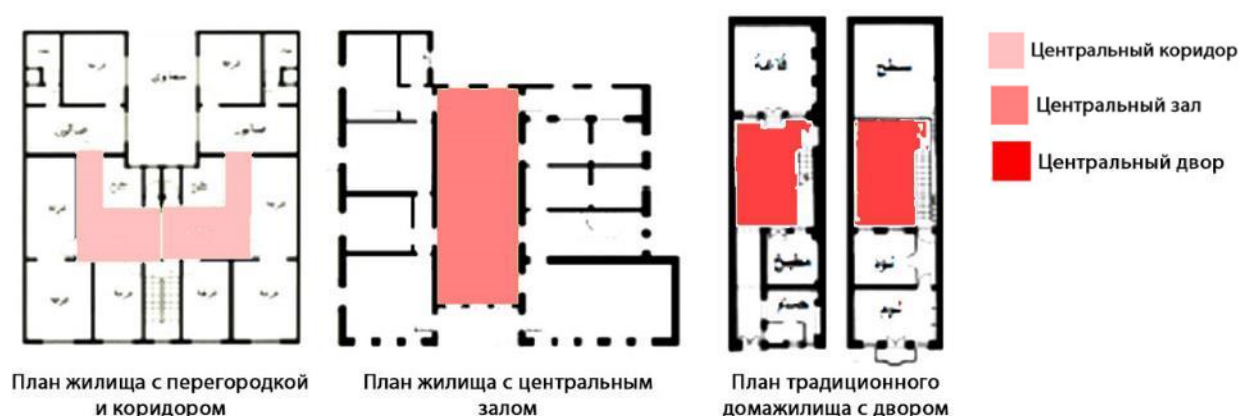


Рис. 4 Жилищные модели Алеппо на переходном этапе – архив доктора Салва Сакал.

Источник: <https://mohe.gov.sy/Masters/Message/PH/lila%20kantakji.pdf>

1. Традиционное жилище с двором, но меньшей площади, чтобы соответствовать изменениям, произошедшим в структуре семьи.

2. Жилище с центральным залом (система закрытого решения), и этот стиль был ответом на общественную социально-демографическую тенденцию, представленную изменением образа жизни и использованием достижений технического прогресса, когда функциональные пространства жилища распределяются вокруг. В центральном зале имеется мансардное окно или небесное пространство для освещения некоторых функций, причем в каждом одном или двух этажах квартир также заметно появление и распространение балконов

3. Жилище с перегородкой и коридором (система функционального решения), в котором была уменьшена площадь центрального зала. Чтобы стать распределителем или воздухопроводом, эта модель считается истинным началом современного жилища, где появилось первичные основы функционального разделения жилища (дневное, ночное, сервисное), а также большая рационализация пространств. [6]

3- Современное жилье

Крупные изменения в образе жизни в Сирии сопровождали введение широкого использования железобетона, развитие законов и систем строительства, а также социально-экономические изменения в обществе. Типичной стала жизнь в маленьких семьях, где дети уходили от родителей, стремясь жить отдельно от традиционной родительской семьи, которая преобладала в предыдущие периоды. Вместе с этим возникли проблемы приватности и отношений с соседями, что заставило многих изменять и модифицировать некоторые области и квартиры в попытке сбалансировать их обстановку с наследственными

социальными ценностями.[7] Основные изменения включали закрытие балконов, их остекление, засыпание некоторых окон или использование различных технологий для сохранения окон с одной стороны и обеспечения приватности с другой. (рис.5).



Рис. 5 Закрытые балконы со стеклом и шторами для обеспечения конфиденциальности.
Источник: https://al-akhbar.com/Literature_Arts/297757

ВЫВОДЫ

- Жилище с внутренним двором имеет глубокие исторические корни, связанные с арабской культурой и архитектурой, удовлетворяющие потребности в открытом пространстве.
- Жилище в Алеппо с внутренним двором обладает уникальными архитектурными и техническими элементами: внутренний двор, айван и холл или приемная, естественная система поддержания благоприятного микроклимата в жилище. Эти архитектурные особенности не только отражают историю и культуру Алеппо, но и имеют функциональное значение для комфортной жизни в данном климате.
- Вместе с тем рассмотренные исторические изменения, проявившиеся на трех моделях жилища, демонстрируют достаточно глубокие изменения в жилищной архитектуре, связанные с размерами, социально функциональной структурой жилища и внутреннего дворового пространства
- Внешние изменения в структуре и форме домов отразили изменение в ценностях и социальных предпочтениях населения. Семейные изменения, индивидуализация и тенденция к самостоятельной жизни молодежи способствовали изменению функциональности и структуры жилища.
- Город Алеппо пережил значительные изменения в своей жилой архитектуре, где происходило беспорядочное строительство и расширение без учета истории города. Эти изменения затрудняют любое представление о будущем города, создавая сложности в достижении баланса между развитием и сохранением его культурного наследия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галев Б. А. Х. Этапы исторического развития планировочной системы г. Алеппо // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 1. С. 5-9. URL: <http://vestnik.spbgasu.ru/sites/files/ru/articles/66/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F1.pdf>
2. Галев Б. Методы реконструкции жилой застройки районов исторического центра г. Алеппо // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2020. Т. 10. № 2 (33). С. 294-301. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-rekonstruktsii-zhiloy-zastroyki-rayonov-istoricheskogo-tsentra-g-aleppo>
3. Галев Б. Особенности исторической городской среды жилой застройки в г. Алеппо // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. Т. 9. № 1 (28). С. 158-165. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-istoricheskoy-gorodskoy-sredy-zhiloy-zastroyki-v-g-aleppo>
4. Галев Б. Особенности исторической жилой застройки на территории Сирии // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2018. № 11. С. 84-93. URL: <http://izvuzstr.sibstrin.ru/uploads/publications/72eac173c30be6aec00eff63165603257c95fe93.pdf>
5. Ерышева Е. А. Динамика культурного ландшафта исторического города // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2022. № 3 (52). С. 103-116. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-kulturnogo-landshafta-istoricheskogo-goroda>
6. Золотарева М. В., Баннуд Г. Территориальное развитие города Алеппо в период 1920-1949 гг // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 5(76). С. 10-17. URL: <http://vestnik.spbgasu.ru/sites/files/ru/articles/76/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F2.pdf>
7. Ибрагим К. А. Сборные жилые здания и их облицовка традиционной архитектурой сирии // Вестник магистратуры. 2021. № 4-1 (115). С. 50-51. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sbornye-zhilye-zdaniya-i-ih-oblitsovka-traditsionnoy-arhitekturoy-sirii>

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СТРУКТУРЫ МОБИЛЬНОСТИ ПО УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ В ИСТОРИЧЕСКИХ ГОРОДАХ.

Лина Алибрахим¹, Н.В. Данилина²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹linaalibrahim26@gmail.com

²nina_danilina@mail.ru

Аннотация

Введение: Развитие улично-дорожной сети становится одним из центральных вопросов градостроительства по мере того, как исторические города развиваются и адаптируются к современным потребностям. Конфигурация мобильности в этих исторических городах воплощает в себе тонкий баланс, который позволяет сохранить прошлое и в одно время принять императивы будущего.

В данной статье мы постараемся раскрыть фундаментальные принципы, которые лежат в основе развития и проектирования транспортных сетей в этих уникальных городских средах.

Материалы и методы: Методика, используемая в данном исследовании, предполагает подход, основанный на детальном анализе, чтобы прояснить сложные элементы транспорта. Основная цель - добиться глубокого понимания структуры транспорта и впоследствии изучить возможности интеграции этих элементов в процесс проектирования.

Результаты: В результате анализа, выполненного в рамках данного исследования, были получены выводы и комплексная структура, способствующие развитию разнообразных и адаптируемых транспортных систем в городской среде. Интеграция этих видов транспорта, а также понимание связанных с ними аспектов формирует основу для принятия обоснованных решений в области городского планирования.

Выводы: развитие дорожной сети в исторических городах предполагает баланс между сохранением культуры и современной транспортной интеграцией, поддержанием исторической аутентичности и внедрением устойчивых транспортных решений. Успех зависит от адаптивности, вовлеченности сообщества и инновационной гармонизации прошлого и будущего, формирующей будущие городские ландшафты исторических городов.

Ключевые слова: улицы, общественные пространства, исторические центры городов, Структура мобильности, транспорт, пешеходы.

Автор-корреспондент: Алибрахим Лина, linaalibrahim26@gmail.com

ВВЕДЕНИЕ

Развитие дорожной сети в исторических городах - одна из важнейших задач городского планирования. Эти города должны развиваться с учетом современных потребностей, сохраняя при этом свое богатое историческое наследие. Необходим тонкий подход к организации мобильности в этих исторических городских ландшафтах, чтобы найти хрупкий баланс, сохраняющий прошлое и культурное наследие, и в то же время учитывающий императивы и требования будущего. Эффективный транспорт, устойчивое развитие и гармоничное сосуществование истории и прогресса, все это зависит от поддержания хрупкого равновесия [1].

Исторические города, которые часто характеризуются узкими, извилистыми улочками, архитектурными сокровищами и гобеленом культурного значения, представляют собой уникальные проблемы, когда речь идет о городской мобильности. Исторические города требуют более вдумчивого и адаптивного подхода по сравнению с современными городами, которые часто планируются с упором на автомобильное движение и современную инфраструктуру. Чтобы совместить сохранение культурного

наследия с требованиями современного транспорта, необходимы инновационные и адаптированные к современным условиям решения [2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Одна из главных проблем, стоящих перед историческими городами, связана с улучшением инфраструктуры мобильности. Рост численности населения и ускорение процесса урбанизации обострили потребность в эффективных транспортных системах [3]. Однако традиционный подход к градостроительству, который часто подчеркивает функциональность и эффективность, может угрожать исторической целостности этих городов.

Развитие структур мобильности в исторических центрах требует использования подхода, учитывающего особенности наследия. Такой подход признает необходимость создания современной инфраструктуры, но при этом уважает и сохраняет уникальную идентичность города [4]. Необходимо тонкое понимание сложных взаимоотношений между существующими архитектурными особенностями, культурными объектами и ежедневной активностью жителей [5].

Важнейшим аспектом развития мобильной структуры с учетом наследия является внимательное отношение к планировке улиц. Исторические города часто могут похвастаться узкими, извилистыми улочками, которые органично развивались на протяжении веков [6]. Такие улицы не только придают городу эстетический вид, но и несут в себе глубокое историческое значение. Подход, учитывающий особенности наследия, предполагает сохранение и, при необходимости, восстановление планировки этих улиц, обеспечивая органичное вписывание новой транспортной инфраструктуры в существующую городскую сеть.

Кроме сохранения планировки улиц, еще один важный аспект развития мобильной структуры с учетом наследия - гармоничная интеграция современных видов транспорта в исторический контекст [7]. Это требует тонкого баланса между требованиями современных транспортных систем и сохранением исторической эстетики. Стратегии могут включать в себя создание зон, удобных для пешеходов, поощрение немоторизованного транспорта и включение экологических вариантов, таких как электрические или гибридные автомобили.

Подход, учитывающий особенности наследия, гарантирует, что транспортные проекты будут разработаны таким образом, чтобы исключить или органично интегрировать эти достопримечательности, минимизируя любое негативное воздействие на их структурную целостность или визуальную привлекательность.

Методика, использованная в данном исследовании, предполагает анализ транспортных элементов, изучение каждого компонента и установление связей с их основными аспектами. Главная цель - создать комплексное представление о сложной транспортной структуре. Изучая основные аспекты каждого элемента, мы стремимся выявить взаимозависимости и тонкости, определяющие общую транспортную сеть.

Этот аналитический подход создает основу для синтеза комплексного понимания транспортной системы, обеспечивая прочную основу для представления потенциальных вариантов при проектировании профилей улиц [8].

Эта методология позволяет получить подробное описание транспортной системы, открывая путь к изучению возможностей формирования профилей улиц. Наша цель - обеспечить комплексное видение, учитывающее различные факторы в процессе проектирования, что приведет к созданию хорошо продуманных и эффективных решений для конфигурации городских улиц.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методология, используемая в данном исследовании, сосредоточена на детальном анализе различных транспортных компонентов, включая личные автомобили, общественную мобильность, совместную мобильность, средства индивидуальной мобильности и пешеходную мобильность. Цель состоит в том, чтобы прояснить эти элементы, связав их с основными аспектами, и таким образом создать комплексное понимание сложной транспортной системы. Анализируемые аспекты включают в себя вид транспорта, масштаб мобильности, влияние электромобилей и инфраструктуру, поддерживающую эти виды транспорта.

Чтобы понять суть анализа, необходимо изучить особенности каждого вида транспорта. Личные автомобили, как часто используемый вид индивидуального транспорта, играют значительную роль в формировании общей транспортной системы. Общественный транспорт, к которому относятся автобусы и трамваи, вносит свой вклад в более широкую социальную структуру. Совместная мобильность, такая как сервисы совместного использования поездок и варианты общественного транспорта, добавляет динамичный слой в транспортную систему. Средства индивидуальной мобильности и пешеходная мобильность представляют микроуровень, подчеркивая индивидуальную мобильность и ходьбу как неотъемлемые компоненты транспортной системы.

Изучение взаимосвязи между различными транспортными элементами и связанными с ними аспектами позволяет провести комплексный анализ. Выделение различных видов транспорта, таких как частные автомобили и общественный транспорт, позволяет выявить разнообразие, характерное для транспортной системы. Анализ масштабов транспорта предполагает изучение как географических, так и операционных границ, что позволяет получить ценное представление о масштабах и влиянии различных видов транспорта.

Интеграция электромобилей в устойчивый транспорт признает меняющийся ландшафт и его влияние на городскую среду. Кроме того, инфраструктура подчеркивает необходимую поддержку для обеспечения эффективной работы транспорта, включая дорожную сеть, зарядные станции и другие важнейшие компоненты.

Аналитическая система объединяет различные транспортные элементы для разработки моделей, которые предвидят потенциальные изменения в профиле улиц. Такой подход создает возможности для инновационных решений и интеграции различных видов транспорта в городское планирование. По сути, он закладывает основу для проектирования гибких и долговечных улиц, способных адаптироваться к меняющимся требованиям современного общества, как показано на рисунке 1.

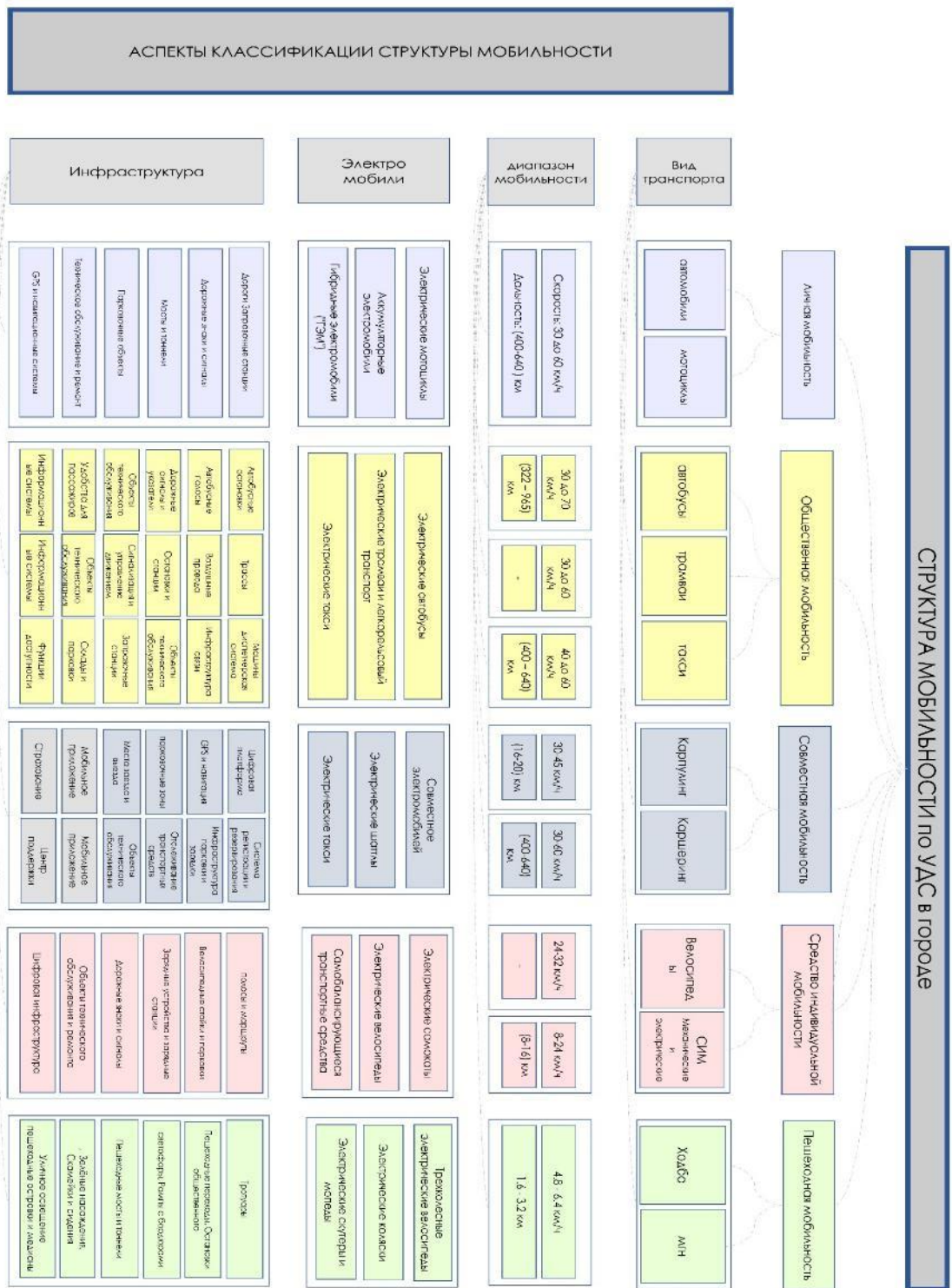


Рис. 1. Структура мобильности по УДС в городе

ВЫВОДЫ

В заключение следует отметить, что развитие дорожной сети в исторических городах представляет собой сложное взаимодействие между сохранением культурного наследия и внедрением современных транспортных систем. Эффективное городское планирование должно быть направлено на обеспечение удобства передвижения при сохранении уникального исторического характера этих мест. Успех этих стратегий зависит от адаптивности подходов, активного участия общества и поиска инновационных решений для гармонизации прошлого с вызовами будущего.

Планирование и управление расширением улиц становится ключевым фактором формирования будущих городских ландшафтов, поскольку исторические города

продолжают свое постепенное развитие. Это требует не только технического совершенствования инфраструктуры, но и активного участия местных сообществ в процессе принятия решений.

Крайне важно искать инновационные и устойчивые методы, которые позволят сбалансировать сохранение исторического наследия с современными требованиями и потребностями будущих поколений. Таким образом, развитие устойчивых и адаптируемых городских пространств имеет решающее значение для сохранения исторических городов в условиях меняющегося мира и технологического прогресса.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Hassan O. et al.* Sustainable Urban Development of mobility and streetscape in historic city quarters, an ancient street in Alexandria - Egypt, as a case study // *Alexandria Engineering Journal*. 2023. Vol. 78. P. 378–389. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.07.065>
2. *Снитко А.В.* Архитектурно-градостроительные особенности совершенствования городской среды в малых исторических моногородах // *Жилищное строительство*. 2010. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/arhitekturno-gradostroitelnnye-osobennosti-sovershenstvovaniya-gorodskoy-sredy-v-malyh-istoricheskikh-monogorodah> (дата обращения: 13.12.2023).
3. *Banister D.* The Sustainable Mobility Paradigm // *Transport Policy*. 2008. Vol. 15, № 2. P. 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>.
4. *Ashworth G., Tunbridge J.E.* The Tourist-Historic City: Retrospect and prospect of managing the Heritage City. 1st ed. London: Routledge, 2011. <https://doi.org/10.4324/9780080519470>
5. *Silva, C., & Costa, P.* Heritage-sensitive urban development// A critical review. (2016). *Cities*, 58, 60-70.
6. *Hall P.* Cities of Tomorrow : An Intellectual History of Urban Planning and Design in the Twentieth Century// Oxford UK: Blackwell; 1988.
7. *Rodrigue, J. P., Comtois, C., & Slack, B.* The geography of transport systems. Routledge (2013). https://transportgeography.org/wp-content/uploads/GTS_Third_Edition.pdf
8. *Newman P., Kenworthy J.* Sustainability and cities: Overcoming automobile dependence. Washington: Island Press, 1999.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ СИРИЙСКОЙ АРАБСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Али Салмо

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
alisalmorussia1993@gmail.com,

Аннотация

Введение: В данной статье, исследуется неотложная задача охраны как материального, так и нематериального культурного наследия от потери на фоне глобальных вызовов. Сосредотачивая внимание на конфликтах и войнах последнего десятилетия как основных рисках для городского культурного наследия, статья подчеркивает недостаточное официальное внимание к утрате материального культурного наследия, особенно после разрушения, краж и разграбления археологических памятников, датируемых 3000 г. до н.э. статья выступает за более систематический и эффективный подход к созданию баз данных.

Цель исследования - определить точную методологию создания базы данных недвижимого сирийского культурного наследия на основе алгоритма, поясняющего последовательность этапов создания базы данных.

Материалы и методы: В статье использовались открытые данные и статистика сирийских официальных и неофициальных организаций, также систематический анализ исследования и предложенный алгоритм опирается на картографические сервисы, такие как Google Maps и OpenStreetMap, для улучшения демонстрации данных и визуализации объектов культурного наследия по городам Сирии.

Результаты: результаты исследования демонстрируют отход от традиционных методов сбора данных в пользу использования картографических сервисов для точного определения географических координат объектов культурного наследия. Разработанный алгоритм и программа позволяют экспортировать результаты для дальнейшего развития в программах ГИС, способствуя вовлечению сообщества через общие карты.

Выводы: В заключении статья утверждает, что разработка локальной базы данных в значительной степени способствует сохранению недвижимого культурного наследия в городах Сирии. Совместный подход поощряет активное взаимодействие между градостроителями и местным сообществом, интересующимся объектами культурного наследия.

Ключевые слова: база данных, культурное наследие, ГИС, документация, Сирия, Хомс
Автор, ответственный за переписку: Али Салмо, alisalmorussia1993@gmail.com

ВВЕДЕНИЕ

Сохранение материального и нематериального культурного наследия от утраты - одна из главных задач, стоящих сегодня перед миром [1].

Конфликты и войны последнего десятилетия, считающиеся основным риском и угрозой для культурного наследия городов [1,2].

Именно поэтому сохранение и документирование объектов культурного наследия во время конфликтов помогает не потерять идентичность и историческую память народа [3].

Сирийская Арабская Республика была охвачена войной, которая длилась 12 лет и продолжается до сих пор, что очень негативно сказалось на материальном и нематериальном культурном наследии [4].

Из-за концентрации усилий на более важных экономических и социальных вопросах проблема утраты материального культурного наследия не получила достаточного официального внимания, особенно после разрушения многих объектов культурного наследия, а также кражи и разграбления многих археологических памятников, датируемых 3000 г. до н.э [5].

Были созданы официальные и неофициальные сайты, которые документируют объекты культурного наследия в примитивной, неорганизованной форме, из-за недостатка ресурсов и потери значительной части документов и информации об элементах сирийского культурного наследия [6].

Поэтому, особенно в контексте проблем, стоящих перед страной, существует настоятельная необходимость в более систематическом и эффективном подходе к созданию баз данных [7].

Целью данного исследования является определение более точного подхода к созданию базы данных сирийских недвижимых объектов культурного наследия на основе алгоритма, который объясняет последовательность стадий процесса создания базы данных.

Чтобы решить эти проблемы и внести свой вклад в создание баз данных сирийского культурного наследия, в исследовании использован систематический анализ, основанный на алгоритмическом подходе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Использование общедоступных материалов и статистических данных

К ним относится информация от муниципальных организаций сирийских городов и отчеты местных и международных организаций. Эти материалы содержат данные об объектах культурного наследия, их местоположении, исторической принадлежности и другие важные детали [8].

Первоначальный подход: сбор и систематизация данных

Это означает сбор данных о различных аспектах объектов культурного наследия, таких как их географическое положение, координаты, категории, историческое значение и т. д. Этот шаг крайне важен для создания структурированной и всеобъемлющей базы данных.

Расширение методики до детального уровня

В процессе работы над проектом методика была расширена до более детального уровня. Чтобы загрузить данные по каждому объекту наследия отдельно. Для этого необходимо было указать местоположение каждого объекта с помощью точек и полигонов. Точки обозначали конкретные координаты, а полигоны - более сложные фигуры (например, границы объекта наследия).

Расширенный сбор данных с использованием "Google Maps" и "Open Street Map" :

Для достижения более детального уровня сбора данных был использован сервис "Google Maps". Этот сервис позволяет пользователям создавать пользовательские карты с персонализированным содержанием, включая маркеры для конкретных мест. Аналогично сервису QGIS, с одной разницей, что результатами карт можно поделиться публично и опубликовать их проще на сайте с помощью ссылки. Кроме того, в работе использовались слои "OpenStreetMap", доступные на сайте. OpenStreetMap - это совместный картографический проект, предоставляющий географические данные в свободном доступе см. рисунок 1

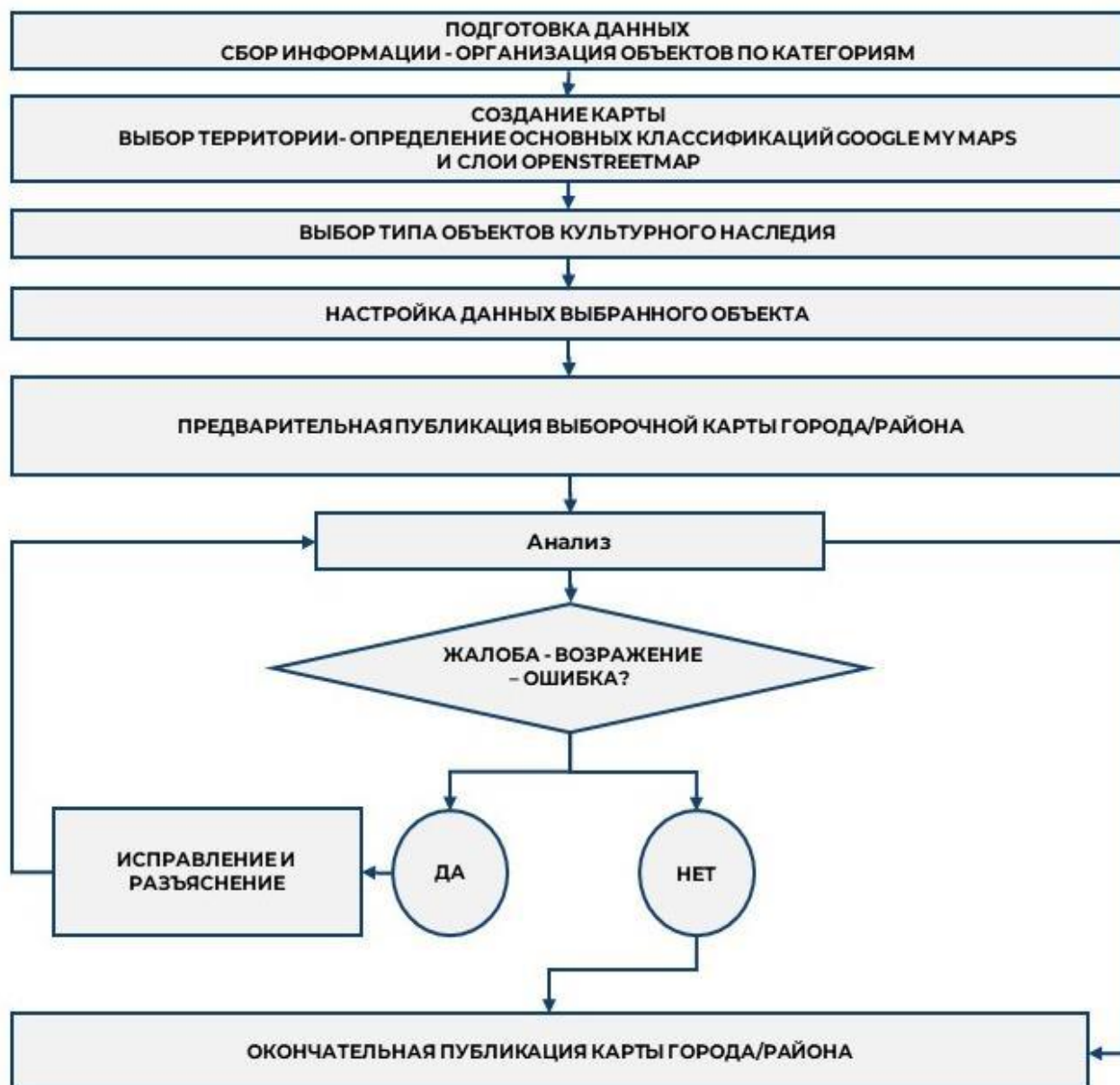


Рис.1 Алгоритм разработанной методики формирования базы данных объектов культурного наследия САР

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основном наблюдался отход от традиционных методик сбора информации, при этом для точного определения географических координат объектов культурного наследия использовались картографические сервисы. Предполагается, что такой подход позволяет улучшить восприятие данных, способствуя более тонкой визуализации рассеянности объектов культурного наследия по сирийским городам. Использование Google Maps и интеграция со слоями OpenStreetMap подразумевает зависимость от современных картографических технологий, подчеркивая стремление к достижению точности и тщательной документации в сфере ландшафта культурного наследия см. рисунок 2

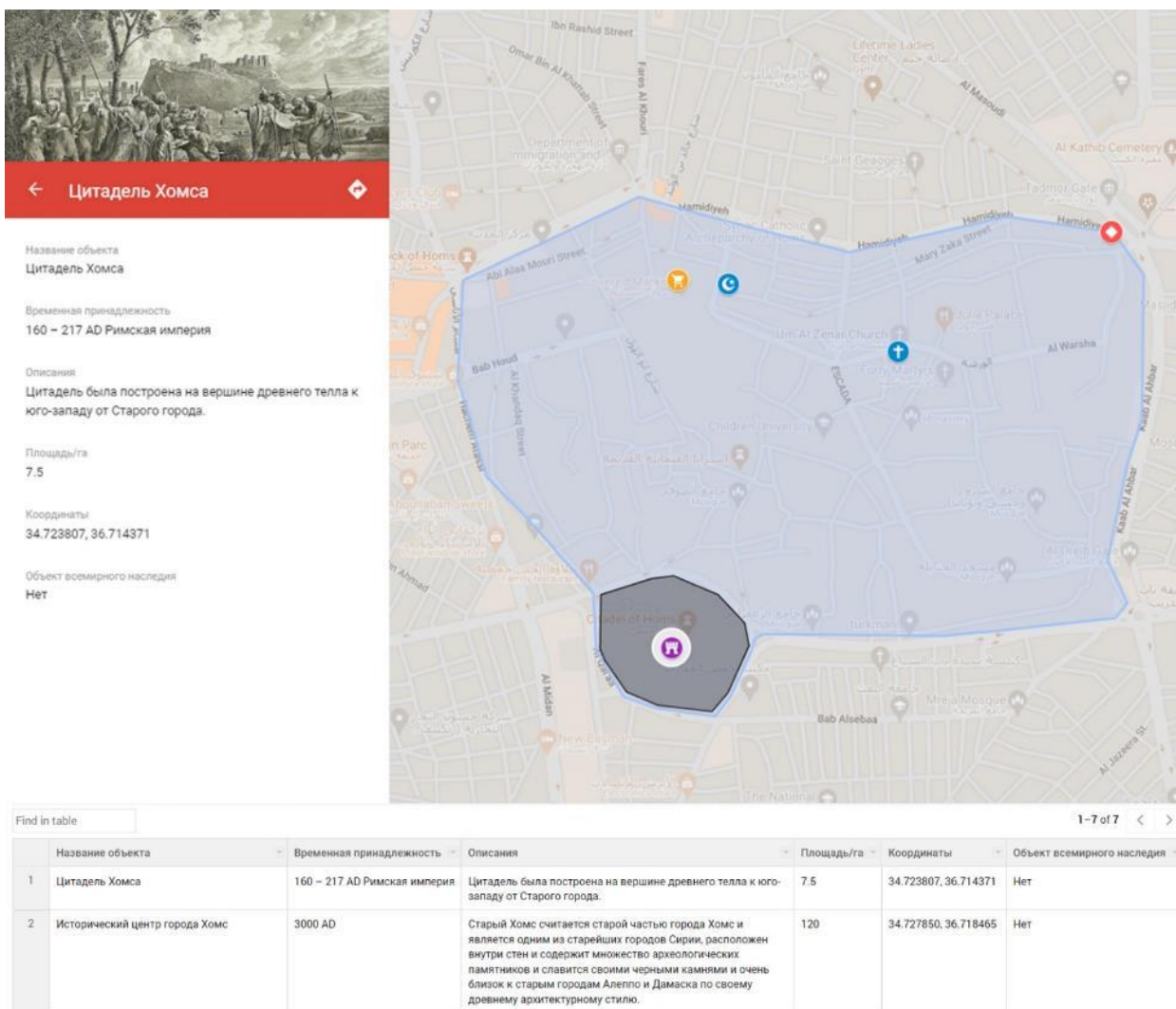


Рис.2 Отображение упрощенных результатов для процесса ввода информации об историческом городе Хомс и его цитадели

ВЫВОДЫ

Разработка локальной базы данных, внесет значительный вклад в сохранение недвижимого культурного наследия в сирийских городах.

Разработанный алгоритм и используемая программа позволяют пользователю экспортировать конечный результат работы в виде файла Excel, чтобы его можно было развивать и изменять в программах ГИС.

Такой подход позволяет сообществу участвовать в процессе, экспортируя карту в виде ссылки, которая может быть исправлена и развита пользователями, что обеспечивает более активное взаимодействие между градостроителем и местным сообществом, заинтересованным в объекте культурного наследия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербина Е.В., Салмо А.. Градостроительные риски утраты культурного наследия. Строительство: наука и образование. 2022;12(4):46-63. DOI: 10.22227/2305-5502.2022.4.4
2. Shcherbina E., Salmo A. Exploring impact of historical and cultural heritage on the sustainability of urban and rural settlements // E3S Web of Conferences. 2023. Т. 457. С. 03001. DOI: 10.1051/e3sconf/202345703001
3. Hussein S.H., Abdulla Z.R., Salih N.M. Urban regeneration through post-war reconstruction: Reclaiming the urban identity of the Old City of Mosul // Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN). 2019. Т. 7. № 1. С. 294. DOI: 10.21533/pen.v7i1.331
4. Atabay Z.E. и др. Destruction, heritage and memory: Post-conflict memorialization for recovery and reconciliation // Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development. 2022.

- <https://doi.org/10.1108/JCHMSD-06-2021-0103>
5. Dib A., Izquierdo M.A. Terrorism and the loss of cultural heritage: The case of isis in Iraq and Syria // *Transcultural Diplomacy and International Law in Heritage Conservation*. 2021. P. 377–393. DOI: 10.1108/JCHMSD-06-2021-0103
 6. Silver M. et al. The CIPA database for saving the heritage of Syria // *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2016. Vol. XLI-B5. P. 953–960. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLI-B5-953-2016>, 2016.
 7. UNESCO project plan ,Emergency Safeguarding of the Syrian Cultural Heritage , Чрезвычайная охрана сирийского культурного наследия <https://en.unesco.org/emergencysafeguardingofthesyrianculturalheritage>
 8. официальный САР сайт каталог древностей и музеев http://dgam.gov.sy/news-7/?lang=en&fbclid=IwAR1Da-JuIYQkKk2WeUYmtHF-R4J3iWVR_UWJB8um4ugcL9ri8RmiVj0BWQc

КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ ОБЪЕКТОВ МУЛЬТИКУЛЬТУРНОЙ СРЕДЫ

Г.С. Шашель¹, Н.Ф. Метленков²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*shashelarh@gmail.com*,

²*metlenkov@mail.ru*

Аннотация

В эпоху глобализации связи с разными странами и традициями, национальностями и религиями становятся более тесными и ведут к мультикультурному разнообразию общества. Тема мультикультурализма постепенно становится характерной чертой XXI века как в политике, так и в архитектуре. Исторический анализ концепций развития мультикультурной среды позволяет выявить определённые тенденции в их исторической ретроспективе и проклассифицировать по ряду параметров: по масштабности, по степени интеграции и по характеру культурных взаимодействий.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время благодаря цифровизации и большому потоку информации наблюдается формирование разного культурного контента, который выходит за рамки наших традиционных представлений. Связи с коренным населением, родиной, странами ослабевают, но перспективы раскрываются и ведут к смешиванию общества, в первую очередь по «религиозным» принципам и «национальным». Свобода и равенство, уважение и справедливость как понятия мультикультурности и мультикультурализма проявляются во многих областях науки, искусства, а также и в архитектуре [1]. Многие страны стремятся к основам мультикультурализма, к концепциям, имеющим множество значений, но главным образом направленных на существование «единства при разнообразии» [2]. Средства гармонизации взаимодействия носителей разных культур в рамках одного политического и территориального сообщества на протяжении всей истории вызывают споры, вопросы, конфликты. Однако, наряду с этим, мультикультурализм демонстрирует себя условием и средством цивилизованного прогресса и развития.

Мультикультурализм - общее понятие, которое раньше именовалось отдельными терминами «многонациональный», «мультиэтнический», «мультирелигиозный», «мультирасовый» и т.д. [3]. Сегодня термин имеет много значений, особенно в разных дисциплинах:

- в политике: это доктрина этнонациональной политики для решения специфических проблем: повышение иммиграционной привлекательности (Австралия), сохранения целостности государства (Канада), противодействие расовым противостояниям (США), сохранение этнокультурных особенностей коренных народов (Россия) [4].

- в философии: это теория, предполагающая учитывать ценность других культурных практик и вести диалог (не всегда равноценный), направленный на открытия, учения и формирования моральных условий взаимного бесконфликтного сосуществования в мультикультурной среде [5].

- в архитектуре: это подход, который стремится признать и сбалансировать множество культурных явлений, которые сталкиваются друг с другом в современных городских условиях и уважают особенности места, чтобы создать среду, вписывающуюся в специфику культуры местности [6].

Почти каждый город и каждая страна, которые придерживаются данного курса могут гордиться мультикультурной средой, которая является и отражением соответствующей социальной обстановки, и воплощением разной архитектуры, и демонстрацией сосуществования разных культур [7].

Таким образом, всевозрастающий поток мультикультурной информации и мультиархитектуры, с одной стороны требует его исследования с целью современного структурирования, классификации и выявления тенденций развития, а с другой стороны представляет поиск создания репрезентативных пространств для мультикультурного социума. Исходя из этого, мультикультура и мультиархитектура предстают одной из актуальнейших проблем современности и архитектуры в том числе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Когда город выстроен вокруг потребностей горожан, а не вокруг монументальности или проявления могущества, то он становится радикальным явлением в истории мультикультурной среды и урбанистической культуры [8]. Анализ степени разработанности проблемы, а также исследование объектов-аналогов легли в основу систематизация информационно-статистических данных развития и формирования объектов мультикультурной среды.

Мультикультура и мультиархитектура имеют длинную историю, начиная с древнего мира, когда города и укрепления создавались на основе принципов сосуществования разных групп населения: первопроходцев, коренного населения, рабов, пленных и других. Материально-пространственная среда, плотно насыщенная разной культурой, архитектурой, торговлей облегчала циркуляцию средств деятельности, товаров, идей. Так, разнообразие социума в античных Афинах первой половине V века до н. э. обеспечило городу процветание экономики, архитектуры, политики, философии и т.д. Однако иммиграция стала слишком обширной и вскоре права граждан закрепили только за теми, кто родился от двух граждан Афин. После этого «золотой век» Афин закончился.

Начиная со средних веков смешение различных культур происходило двумя основными способами: в следствии репрессивных завоеваний или при реализации миграционной политики [9]. Когда один из городов начинал доминировать, другие могли перенимать его способы особенности. Так, по образу Любека, часть прибалтийских городов (Рига, Росток, Данциг, Висмар, Кенигсберг/Калининград), взяли «на вооружение» кирпичную готику и зеленые шпили, которые служили ориентиром для моряков. Любек являлся представителем нового типа урбанизации в XVIII веке: город избавился от власти королей и начал расцветать. Корпоративный гражданский идеал Любека был буквально выписан в кирпиче: граждане возвели собственную приходскую церковь – Мариенкирхе (рис.1). Храм позаимствовал готический стиль из Франции и Фландрии, но сохранил характерный балтийский колорит. Благодаря благосостоянию и гражданскому духу город стал одним из богатейших в мире и нередко заимствовал элементы других культур. Стиль города соединил североевропейскую красоту в одно целое: внешняя скромность, под которой скрываются экономическое могущество и финансы. Позже Амстердам, наследник Любека, использовал почти идентичную пространственную структуру и архитектуру [8].



Рис. 1. Церковь Святой Марии (Мариенкирхе), Любек, 1250-1350 гг.

На протяжении веков архитектура была выражением ценностей и традиций доминирующей культуры, базовой этнической принадлежности и её религии. Если страна расширялась за счет завоеваний других территорий или за счет торговли, архитектура часто использовалась как инструмент для навязывания своих ценностей. Примеры этого можно увидеть по всему миру: от бывших территорий Римской империи до архитектуры Великих Моголов. Но есть и обратные культурные «влияния», когда доминирующая культура использовала архитектурные стили колониальных земель или меньшинств. Некогда могущественная Британская империя попала под влияния экзотических направлений индийской, мавританской и китайской культур. Типичный колониальный стиль регентства соединился с конструктивными новациями технического века при перестройке Королевского павильона (рис. 2). Павильон и сады построены в индо-сарацинском стиле, распространенном в Индии на протяжении большей части XIX века. Дворец поражает уникальным индоисламским внешним видом в центре Брайтона, для которого совсем не свойственна подобная архитектурная среда.



Рис. 2. Королевский павильон, Брайтон, Великобритания, 1815-1822 гг.

Редкие примеры внедрения архитектуры и мотивов других наций долгое время оставались ограниченными в пределах одного объекта. Но актуально ли это в больших городах, которые становятся все более мультикультурными, иногда целыми районами? Включение ссылок на различные культуры является сложной задачей, но есть успешные примеры, как парк Суперкилен BIG в многонациональном районе Нёрребро в Копенгагене (рис. 3). Метод соучастия общественности, возникший в архитектуре в конце XX века, был основной отличительной чертой итогового решения при создании парка. Архитекторы заимствовали материалы из разных культур для создания новых пространственных форм, а часть привозили из других регионов мира – Аргентины, США, Англии, России, Катара, Турции и др. [10]. Растущее демографическое и культурное разнообразие нашего времени, особенно в крупных городах, является весомой причиной для архитекторов начать реагировать на новый социальный заказ мультикультурных пользователей.



Рис. 3. Общественное пространство «Суперкилен», Дания, Копенгаген, 2012 г.

Для многих душа страны связана с сельской местностью, а не с мультикультурными мегаполисами вроде Лондона или Москвы. Но именно в современных мегаполисах

собирается высокая концентрация самых разнообразных и уникальных социальных связей. Многие заведения и компании намеренно используют яркие цвета, определённую национальную архитектуру в качестве маркетинговых инструментов. Так, например китайские кварталы в Сан-Франциско и в Лос-Анджелесе специально возводят красочные сооружения с китайскими крышами, узорами и фирменными воротами. Самый известный на сегодня китайский «нейборхуд» – это серия кварталов манхэттенского Чайнатаун, который возник в XIX веке. История становления китайских кварталов полна мультикультурных явлений. Поскольку американская архитектура сильно отличалась от привычной китайской, то новые владельцы нанимали евроамериканских архитекторов для преобразования зданий в привычный «тонг лау». Когда деревянные галереи стали незаконны из-за пожаров, то архитекторы придумали как обойти новые строительные нормы - пожарные лестницы для многоквартирных домов приняли форму декоративных вывесок, балконов и галерей из кованного железа.

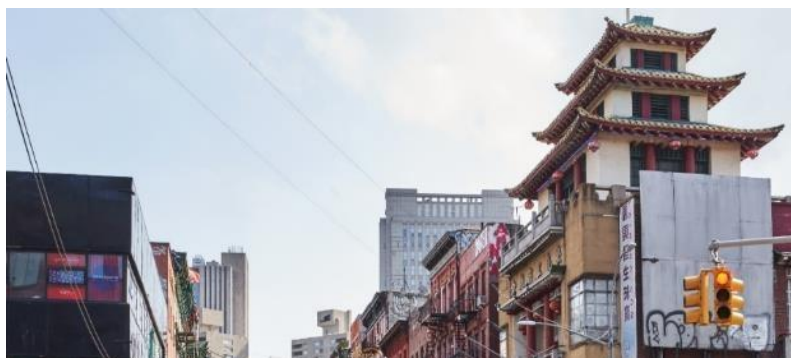


Рис. 4. Здание Ассоциации Торговцев на Мотт-стрит, Нью-Йорк, США, фото 2021 г.

Новое здание Ассоциации Торговцев (рис. 4) было одним из первых в Нью-Йорке, в котором архитектор Пой Гом Ли начал объединять модернизм со знаковыми китайскими особенностями – крышей пагоды, балконами, разноцветными колоннами и т.д. Развитие китайского модернизма рассматривалось как гибрид западного стиля «модерн», включающий китайские элементы. Сочетание направлений служило способом отразить стремления националистической культуры быть очень современной и не забывать историческое прошлое [11]. Многие работы Ли в Нью-Йорке – это сочетание стиля «ар-деко» или «арт-модерн» с традиционными китайскими чертами. Для туристов и местных жителей Нью-Йорка Чайнатаун — это особый мир, в котором тысячи его жителей ощущают себя как «дома вдали от дома».







РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ







Мультикультурная среда образуется и распространяется в процессе миграции населения, вынужденного переселения, туристических визитов, военных действий. Практически любое население в своей повседневной практике сталкивается с чрезвычайным многообразием культур. Меняются не только образ жизни и быт, но и мировоззрение людей. Концепция мультикультурных пространств становится все более актуальной, а строительство подобных зданий приобретает большой масштаб. Анализ данных позволил выявить ряд характерных особенностей концепций развития и формирования объектов мультикультурной среды (табл. 1), из которых главной является тенденция исторического увеличения масштаба мультикультурных объектов: от отдельных деталей до районов городской среды. Появление определенных сообществ и концентрированных кварталов определённых национальностей (китайские, еврейские, русские и т.д.) - частое явление во многих развитых странах.

Решение проблемы мультикультурности и мультиархитектуры заключается не в сочетании специфических характеристик различных религий, а в комплексном подходе к использованию пространства. Именно в основе всего процесса планирования необходимо

учитывать положения современных реалий: быстро изменяющиеся потребности, разделение пространств, ориентация на «культурную общность» и «культурный контакт».

Табл. 1. Классификация объектов мультикультурной среды

Параметр	Характеристика	Пример
По масштабу		
Квартал/район	Материально-пространственная среда, включая: здания, дороги, парки и т.д.	 <p>Кварталы Чайнатаун, Нью-Йорк, США</p>
Общественные пространства	Территория «культурного контакта» и образовательных функций.	 <p>«Суперкилен», Дания, Копенгаген</p>
Отдельные объекты	Здания и сооружения определенной национальной культуры.	 <p>Королевский павильон, Брайтон, Великобритания</p>
Детали	Сочетания элементов разных культур.	 <p>Церковь Святой Марии, Любек, Германия</p>
По степени интеграции		
Полная	Полная интеграция одной культуры в среду другой.	 <p>Китайский парк Хуамин, Москва, Россия</p>
Частичная	Совмещение архитектурных направлений культур.	

		Район Амалиенау в Калининграде, Россия
Комбинированная	Комбинирование нескольких направлений, стилей и культур на одной территории.	 <p>ВДНХ, Москва, Россия</p>
Ступенчатая	Объекты, построенные по образцу других объектов.	 <p>Железнодорожный вокзал, Оттава, Канада</p>
Временная	Временные объекты	 <p>Всемирная выставка 1937 г., Париж, Франция</p>
По характеру взаимосвязей		
Внутренняя	Использование элементов разных культур внутри одной многонациональной страны.	 <p>Дом купца Агафурова, Екатеринбург, Россия</p>
Внешняя	Заимствование элементов/стилей зарубежной культуры.	 <p>Турецкая баня, Царское Село, Пушкин, Россия</p>
Смешанная	Комбинирование элементов своей страны и зарубежья.	 <p>Башня Торри-ди-Белен, Лиссабон, Португалия</p>

ВЫВОД

Таким образом, устойчивое развитие современного общества ориентировано на новый вектор, отличительной чертой которого является мультикультурная среда и мультикультурализм. Растущее демографическое и культурное разнообразие нашего времени, сосредоточенное на одной территории, является основной причиной для начала реагирования на новый мир пользователей архитектурной среды по-новому - мультикультурно. Модернизация среды современных пространств XXI века должна соответствовать главной концепции развития – «единство разнообразия». Инвестирование в развитие человеческого потенциала, национальной и культурной идентичности – один из способов создания нового культурного контента на базе устоявшихся традиций и ценностей. Используя культурный и архитектурный потенциал разных народов или этнических групп, и дополнив его современной информационной картиной социума, можно создать модель развития мультикультурного контента и направлений его формирования и формообразования как производного от динамики социума [12].

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисюк, Н. П. Политика мультикультурализма в глобализирующемся мире / Н. П. Денисюк // Научн. труды РИВШ. Философско-гуманитарн. науки. Сб. научных статей. Вып. 11. – Минск: РИВШ, 2012.– С. 47–53.
2. Рыбаков, А. В. Мультикультурализм как социальная теория и политическая практика / А. В. Рыбаков, Д. А. Квон // Власть. – 2016. – №6. – С. 64-69.
3. Американский мультикультурализм / С. И. Некрасов, Н. А. Некрасова, В. В. Платошина. – М: Академия Естествознания, 2011.
4. Павловский, В.С. Мультикультурализм как основа государственной национальной политики Канады / В.С. Павловский // Журнал зарубежного законодательства и сравнительного правоведения. –2017. – №6 (67). – С.38-43.
5. Нурышева, Г. Ж., Философские основания мультикультурализма / Г. Ж. Нурышева, Ж. А. Кошербаев, А. А. Момбек // Вестник КазНУ. –2017. – Том 62 №4. – С.61-66.
6. Ehrlich S., Multicultural Modernism: Architectural Balance in a Changing World / Ehrlich S. // Oz. –2009. – №31. – P.46-51.
7. Метленков, Н.Ф. Среда саморазвития / Метленков, Н.Ф., Конева Е.В. // Архитектура и строительство России. – 2021. – №2 (238). – С.2-3.
8. Уилсон Б. Metropolis: город как величайшее достижение цивилизации / Уилсон Б.; [перевод с англ Казакова Д.Л.]. - М: Эксмо, 2021. - 544 с.
9. Múszaki T. K., Multicultural Effects in the Architecture / Múszaki T. K., Hajnalka J., Balázs K., Molnár T. // Sciendo. –2019. – №11. – P.97-100.
10. AV Monografias. – 2013. -№162: Superkilen Urban Park, Copenhagen.
11. Bateau, P. The On Leong Tong Building: Chinese Architecture Brought to Life in NYC [Электронный ресурс] /P. Bateau // 6sqft: 6 квадратных футов, 2016. – URL: <https://www.6sqft.com/the-on-leong-tong-building-chinese-architecture-brought-to-life-in-nyc/> (date of access: 10.12.2023).
12. Метленков, Н.Ф. Парадигмальная динамика архитектурного метода (монография) / Н. Ф. Метленков. – М.: Архитектура и строительство России, 2018. – 428 с.: илл.

ВОЗРЕЖДЕНИЕ МОДЕЛИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ДВОРА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ЭНЕРГИИ В ИРАНЕ

Махназ Барекат¹, Хади Ахмадлу²

¹ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6,

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹1042225015@pfur.ru

²ahmadlou@yandex.ru

Аннотация

Учитывая растущую ценность энергии, ограниченность ресурсов ископаемого топлива и увеличение загрязнения окружающей среды от него, использование возобновляемых источников энергии с каждым днем становится все более актуальным, чем в прошлом. Минимизация потерь энергии считается одной из главных задач этого периода времени. Солнце и его неограниченная энергия являются одними из основных источников возобновляемой энергии. Поэтому при проектировании зданий важно предусмотреть модели, позволяющие использовать эту энергию. Одной из традиционных удачных схем является центральный внутренний двор в здании. Благодаря новым моделям и новым материалам эта схема возродилась во многих современных зданиях, и, таким образом, при использовании возобновляемой энергии затраты на энергообеспечение здания значительно снизились. В статье предпринята попытка возродить модель центрального двора для создания современных зданий, а также изучение библиотечных ресурсов и соответствующих интернет-сайтов с использованием описательных и аналитических методов исследования, известны новые принципы и решения, используемые в современных зданиях, и часто являются эффективным руководством для использования архитекторами и дизайнерами.

Ключевые слова: традиционная архитектура, центральный двор, возобновляемые энергии, солнечная энергия, атриум

ВВЕДЕНИЕ

После бурного роста индустриальных обществ и их модернизации один за другим выявились проблемы и недостатки, обусловленные этими изменениями, которые проявились во всех сферах жизни общества, в том числе и в архитектуре. Потребление топлива и Доля энергии, используемой в Иране для охлаждения и отопления зданий, составляет 40% от энергии, получаемой из нефти и газа. Стратегия реформирования и улучшения условий, определяющих архитектуру общества, заключалась в том, чтобы переориентироваться на современную архитектуру, извлечь из нее положительные моменты и заново применить ее ценности и принципы. Традиционная архитектура вызывает серьезный интерес у энтузиастов начиная с XIX века. Центральный двор, обладая ценными свойствами, не только не оказывает разрушительного воздействия на окружающую среду, но и удивительным образом сочетается с ней. При нерасчетливом устранении богатого узора центрального двора современная архитектура потеряет большие привилегии. Отсутствие этой ценной модели, ее ненужное изъятие из современной архитектуры и отсутствие подходящей замены нанесли бесчисленный явный и скрытый ущерб имиджу сегодняшнего архитектурного общества [1]. В этой статье Используя описательные и аналитические методы исследования, мы рассматриваем современные аспекты модели центрального двора и поощряем более активное использование таких пространств в различных климатических условиях.

МОДЕЛЬ ЦЕНТРАЛЬНОГО ДВОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ТРАДИЦИОННОЙ ИРАНСКОЙ АРХИТЕКТУРЕ

В традиционной иранской архитектуре центральный двор выполняет роль микроклимата в доме и обеспечивает оптимальное освещение, вентиляцию и температурный режим дома (Рис.1 И Рис.2).

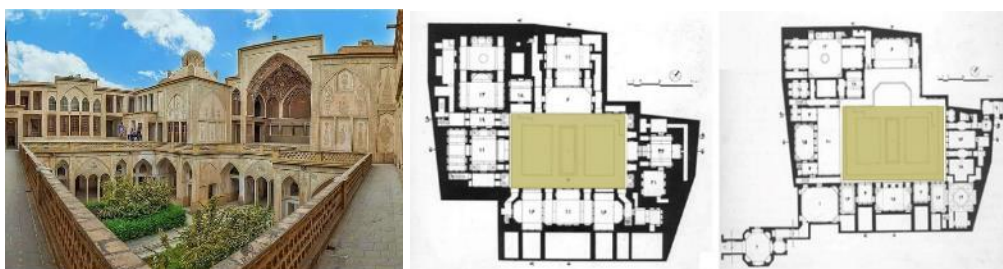


Рис.1.Центральный двор дома Аббаси²⁶

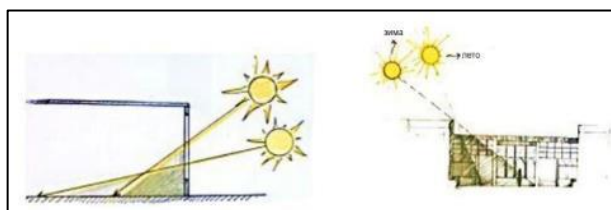


Рис.2.Как солнце светит в центральном дворе в разрезе

Растительность в центральном дворе контролирует ветер, проникающий во двор, замедляя его (Рис.3). Воздух во дворе преобразуется в прохладный бриз за счет поверхностного испарения влаги с деревьев и водоемов, что может обеспечить климатический комфорт [2].

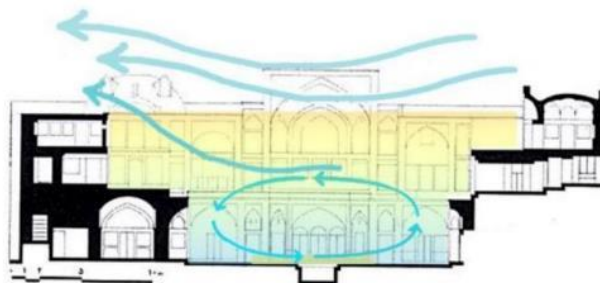


Рис.3.Ветровой поток в центральном дворе Аббаси в разрез

Преимущества центрального двора в традиционной архитектуре:

- Регулирование климата с помощью растений и воды во дворе
- Создание ветровых потоков в помещениях с помощью проемов
- Обеспечение естественного освещения помещений
- Создание теней
- Управление освещением с помощью размеров проемов
- Управление освещением в зависимости от расположения помещений

²⁶ Дом Аббасидов был построен в 1866-1871 годах в городе Кашан в Иране и имеет важное архитектурное значение.

ВОЗРОЖДЕНИЕ МОДЕЛИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ДВОРА В СОВРЕМЕННЫХ ЗДАНИЯХ

Согласно проведенным исследованиям и изученным принципам, определяющим традиционную иранскую архитектуру, предлагаются два решения для оптимизации использования солнечной энергии в центральном внутреннем дворе.

А) использование центрального внутреннего двора с традиционным узором: В этом случае форма и замена зданий в точности опирается на коренной уклад регионов и, конечно, с соблюдением следующих требований:

- Ориентация для максимального использования солнечной энергии
- Убрать или уменьшить проемы на наружных стенах здания и перенести их на внутренние стены (во двор)
- Развертывание основной части зданий на лучевом фронте (Рис.4)

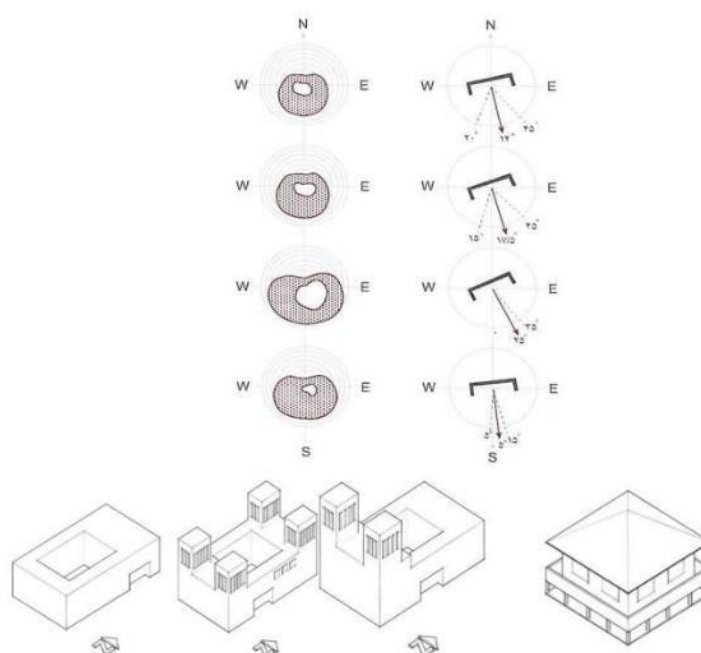


Рис.4. Направление здания в соответствии с климатом: холодный; умеренный и влажный; жаркий и сухой; жаркий и влажный

Но в современной архитектуре в связи с ростом населения и дефицитом площадей на смену традиционным и малоэтажным домам и зданиям пришли жилые комплексы и офисные центры, а также высотные здания. Искусственное освещение является большой проблемой в энергопотреблении современных зданий. Использование искусственного освещения также негативно влияет на отопительную и холодильную нагрузку здания. Многие исследования предлагают использовать центральный двор для внедрения возможностей улучшения энергоэффективности зданий. Ведь это способ увеличить естественное освещение и минимизировать потребление тепла и электроэнергии внутренними помещениями. Поэтому, модернизировав модель и заложенные в ней принципы, не меняя деталей и, конечно, опираясь на новые материалы, средства и технологии, можно перестроить и эффективно эксплуатировать эту устойчивую модель [3].

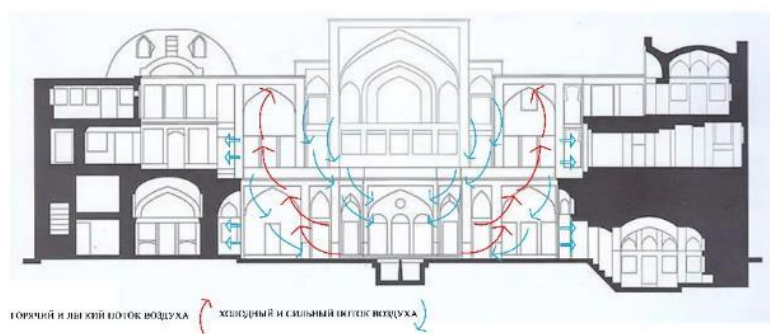


Рис.5. Как холодная и жаркая погода входит и выходит в центральный двор традиционных домов

Б) использование центрального двора с применением новых строительных технологий: модель тепличной системы (Ethereum): Прежде чем представить эту модель, необходимо дать краткое объяснение тепличной системы. Одним из видов дискретных приемных систем является тепличная система. Солнечная тепличная система получает солнечную энергию напрямую, поглощает и сохраняет ее в своих стенах для передачи соседним частям. Солнечная тепличная система может удовлетворить некоторые тепловые потребности прилегающих к ней частей и выполнять другие строительные функции. Существует три различных способа подключения солнечной теплицы к зданию. Солнечные теплицы подразделяются на пристроенные, полуокруженные и окруженные типы в зависимости от степени изоляции [4].

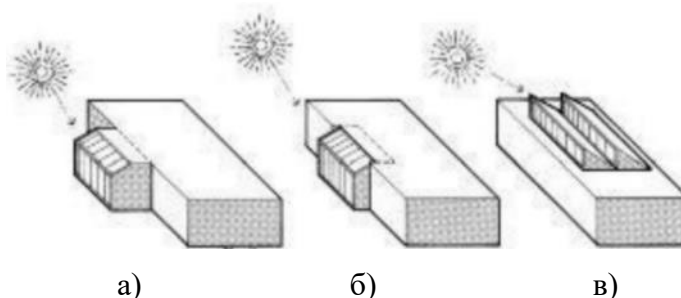


Рис.6. Три различных способа соединения солнечной теплицы с основным зданием: а) пристроенные; б) полуокруженные; в) окруженные

Из трех представленных моделей в центральный двор может быть включен окруженный тип или центральный атриум²⁷. Центральный атриум - это среднее пространство, похожее на центральный внутренний двор в здании с прозрачной, залитой солнцем крышей, и различные части и пространства здания формируются вокруг пространства атриума. Солнечные тепловые лучи проникают в пространство атриума через стеклянный потолок, таким образом накапливая тепловую энергию в пространстве атриума и проникая внутрь через отверстия и стены вокруг атриума. Но чтобы предотвратить перегрев помещений в летний сезон и создать комфортные условия для пользователей, необходимо правильно регулировать температуру и влажность в атриуме [5].

²⁷ Атриумы бывают разных типов, и мы рассмотрели центральные атриумы в соответствии с темой статьи



Рис.7. Зимнее использование центрального двора и то, как внутри него циркулирует воздух

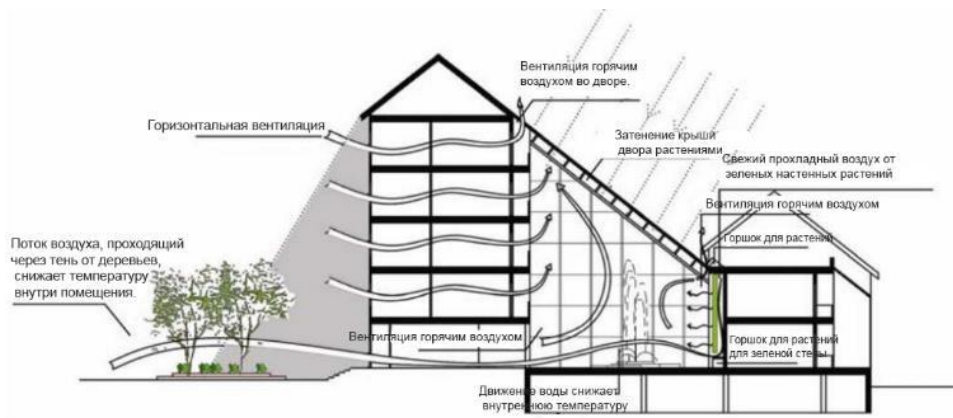


Рис.8. Летнее использование центрального двора

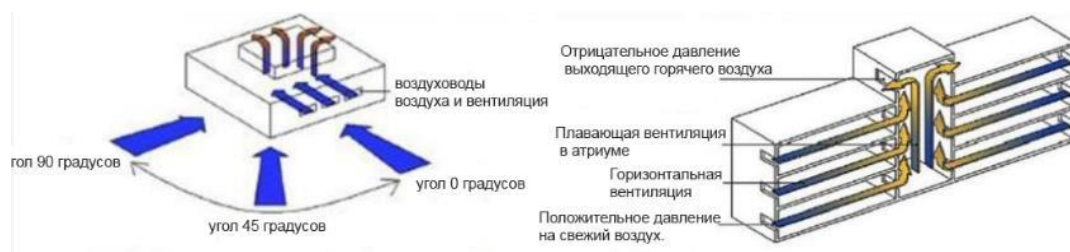


Рис.9. Анализ структуры атриума и представление влияния ветра на естественную вентиляцию

Дизайн атриума может быть таким, чтобы он создавал естественную вентиляцию. Использование естественной вентиляции не только улучшает качество воздуха в помещении, но и помогает снизить потребление энергии и затраты. Разница давлений между воздухом внутри и снаружи приводит к перемещению воздуха и его вентиляции в здании. В целом, на естественную вентиляцию атриума влияют три фактора: -1 Отверстие для забора воздуха должно находиться в самой нижней части здания, -1 отверстие для выпуска воздуха должно находиться в самой высокой части здания, -3 Источник тепла должен вызывать разницу температур внутри и снаружи. Таким образом, холодный, тяжелый воздух поступает снизу, а горячий выходит сверху. Другими словами, атриумы могут использовать свойства солнечных дымоходов²⁸. Основной проблемой атриума является повышение температуры внутри помещения летом, которую можно контролировать с помощью навесов, вентиляции и тому подобного. Солнечная дымовая

²⁸ Solar Chimney

труба использует конвекционные²⁹ потоки для перемещения воздуха из пространства здания. Воздух может быть выведен из помещения здания путем нахождения солнечного дымохода из конвекционных потоков теплого фронта и выходного отверстия. Атриумы могут быть сконструированы таким образом, чтобы выполнять эту функцию. Дополнительное тепло, вырабатываемое внутри атриума, может отводиться через крышу в любое теплое время года. Соединяя нижние части основного пространства здания с атриумом, воздух выпускается изнутри здания и вместе с теплым воздухом внутри атриума из клапанов, установленных на крыше атриума [6].

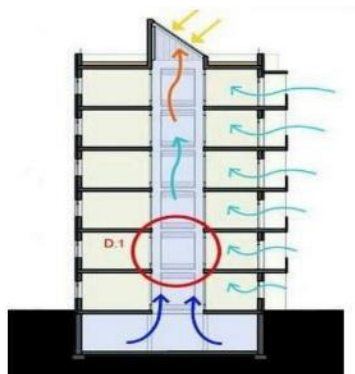


Рис.10. Solar Chimney

Для этого в центральном внутреннем дворе или атриуме могут быть применены следующие меры:

- Размещение окна в верхней части теплицы с целью отвода горячего воздуха за счет поступления холодного воздуха с нижнего уровня и установка проема с максимально возможным перепадом для усиления эффекта дымохода³⁰
- Установка проемов в восточной и западной частях внутреннего двора
- Покрытие части внутренней стены двора зимнего помещения³¹ зеленой стеной
- Использование фонтанов во внутренней части двора.
- Регулирование температуры поступающего во внутренний двор воздуха с северной стороны здания путем его прохождения через зеленые насаждения и деревья.
- Использование теплоизоляции и окон с двойным остеклением, которые выполняют функцию аккумулялирования тепла, передаваемого во внутренние помещения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Солнечная возобновляемая энергия может быть использована в центральном внутреннем дворе существующих зданий (атриуме) следующими способами :

- Расположите окно в верхней части теплицы, чтобы отводить горячий воздух за счет поступления холодного воздуха с нижнего уровня, и установите отверстие с максимально возможным перепадом, чтобы усилить эффект дымохода
- Проемы в восточном и западном внутренних дворах.
- Покрытие части внутренней стены двора с северной стороны зелеными стенами.
- Использование фонтанов в интерьере двора.

²⁹ Convection

³⁰ “stack effect” или “chimney effect” - это движение воздуха в здание и из здания через негерметичные проемы, дымоходы, газоотводные трубы или другие емкости, возникающее в результате плавучести воздуха.

³¹ Winter rooms (zemestan-neshin)_ расположены на северной стороне внутреннего двора, напротив летней части и подвержены воздействию зимнего солнца. Термин используется в традиционной иранской архитектуре

- Регулировка температуры поступающего воздуха с северной стороны здания во внутренний двор, путем пропускания его через зеленые насаждения и деревья.
- Использование теплоизоляции и окон с двойным остеклением, которые действуют как форма накопления тепла при передаче его во внутренние помещения.
- Затенение крыши центрального атриума растениями для предотвращения летней жары.

ВЫВОДЫ

Возрождение традиционной модели центрального двора в иранской архитектуре - это решение, которое в нынешней кризисной ситуации, при потреблении топлива в стране и необходимости сохранения ископаемых источников энергии, основанное на использовании возобновляемой солнечной энергии, может быть эффективным в большинстве районов и климатических условиях Ирана. В связи с этим использование традиционной и самобытной структуры и формы зданий является первым решением, которое приходит на ум, и, конечно, из-за роста населения городов и потребности в зданиях с высокой плотностью населения этот метод сам по себе работать не будет. Но, модернизировав модель и принципы, заложенные в традиционной архитектуре, и используя имеющиеся удобства, центральный внутренний двор можно возродить в соответствии с текущими условиями страны. Атриум - это крытый центральный внутренний двор, который может заменить центральный внутренний двор и повысить эффективность за счет оснащения различными новыми строительными системами. Использование фотоэлектрических панелей, резервуаров для горячей воды и т.д. в атриуме является одним из способов экономии ископаемого топлива, а также сохранения окружающей среды за счет снижения затрат на электроэнергию в здании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гобадян.В., Климатический обзор традиционных иранских зданий//Тегеран , Тегеран университета 2010 С.4.
2. Хайри М Р Изучение архитектуры исторических и современных домов с целью формулирования процесса и критериев проектирования жилья //Министерство жилищного строительства и городского развития Тегеран № 1 2012 С.117.
3. Касмай М Климат и архитектура № 1 Тегеран С.127.
4. Пирниа М К Знакомство с исламской архитектурой Ирана, внутригородскими и внегородскими зданиями Университет науки и промышленности Ирана 2012 С.161.
5. Хашеми Ф Хейдари Ш Изучение климатической функции зимовочного двора в холодных регионах.Конкретный пример: город Ардебиль. № 1 2015 С.144-145. DOI: [aup.2011.177/10.30480](https://doi.org/10.30480/aup.2011.177/10.30480)
6. Гилани С Мохамад Кари Б Изучение эффективности обогрева солнечных теплиц в жилых зданиях с холодным климатом Научный журнал исследований в области машиностроения № 1 2018 С.148. DOI: [20.1001.1.10275940.1390.11.2.2.2](https://doi.org/10.10275940.1390.11.2.2.2)
7. Stack effect// wikipedia.org. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Stack_effect/(в авторской обработке) (дата обращения: 08.10.2023).
8. Исследовательский центр зеленого строительства,De Anza College Mediated Learning Center,2010, С.1-2. URL: <https://greenbuildings.berkeley.edu/pdfs/bp2010-deanza-mediated.pdf>
9. Mediated Learning Center//gbdmagazine.com.URL: <https://gbdmagazine.com/mediated-learning-center/>(в авторской обработке) (дата обращения: 01.05.2023).
10. Soochow Securities Headquarters China//e-architect.com. URL: [https:// https://www.e-architect.com/china/soochow-securities-headquarters](https://www.e-architect.com/china/soochow-securities-headquarters) (в авторской обработке) (дата обращения: 11.08.2023).

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЫСТРОВОЗВОДИМОГО ЖИЛЬЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ ПРЕФАБРИКАЦИИ

А.Р. Асадулин¹, Л.В. Анисимова²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹asadular@gmail.com

²AnisimovaLV@mgsu.ru

Аннотация

На основе метода сравнительного анализа традиционных и современных методов строительства быстровозводимого жилья, выявляются особенности сохранения культурной идентичности модульного жилищного строительства в эпоху глобализации. Исследование демонстрирует возможность сохранения культурного кода и уважения к местным традициям в процессе разработки современных типовых жилых модулей. Исследуются современные технологии изготовления, маркировки и доставки элементов быстровозводимого жилища на строительную площадку для создания инновационных и устойчивых архитектурных решений. Особое внимание уделено опыту традиционного быстровозводимого жилища народов юго-восточной Азии, которые, сохраняя традиционные архитектурные элементы производят типовые дома на основе современных технологий и стандартов жизни.

ВВЕДЕНИЕ

В современном обществе глобализации быстровозводимое типовое строительство является одним из ключевых направлений улучшения качества жизни и экологической устойчивости. Технологии префабрикации и их интеграция в строительный процесс не только ускоряют сроки возведения жилья, но и сокращают экологические издержки на строительной площадке. Данная технология является стратегически приоритетной в современном динамичном и быстро меняющемся мире. Унификация и стандартизация процессов не только сокращает сроки возведения и повышает качество строительства, но и обеспечивает экологическую устойчивость строительных процессов. Углубленный анализ технологий префабрикации позволяет разработать единый стандарт качества строительных элементов и конструктивных систем дома. Основной пласт теоретических исследований по этой теме посвящен анализу технологии префабрикации, транспортировке и сборке элементов дома. Prefab (сокращенное от английского prefabricated — «изготовленный в заводских условиях»). Чаще всего в литературе описывается методика переноса части строительных процессов на производство. Модули изготавливаются в условиях контролируемого качества уже с «начинкой». За счет организации производства prefab-элементов параллельно со строительными процессами на площадке достигается существенное снижение общего срока возведения объектов, трудозатрат. Согласно исследованию McKinsey & Company, применение технологии позволяет сократить время строительства на 50%, повысить экономическую эффективность проекта на 20% [1]. Однако, погоня за скоростью возведения и сокращению экономических затрат на строительство оставляет без внимания вопросы национальной идентичности жилища. Данное исследование посвящено не столько вопросам технологии префабрикации, сколько аспектам сохранения культурного кода жилого дома в условиях стандартизации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Индонезия, и в особенности Бали, является вместилищем культурного богатства и уникального архитектурного наследия. Здесь традиционные методы строительства, отображающие богатство местной культуры и истории, взаимодействуют с современными технологиями. В данном контексте, исследование префабрикации и применение традиций

в современном строительстве представляют особый интерес для исследователей, стоящих перед вызовом процесса глобализации, развития промышленного потенциала и, в тоже время, сохранения культурного наследия в строительной отрасли [2].

Целью данного исследования является интеграция современных технологий префабрикации с традиционными приемами формирования жилища в балийской архитектуры, и их влияние на экологическую устойчивость, и формирование будущих тенденций в строительстве и дизайне. Традиционные методы строительства на Бали тиражируются и внедряются в современные стандарты из-за способности адаптироваться к местным условиям и реагировать на изменения окружающей среды, сохраняя при этом связь с культурой и традициями. Современные методы строительства обеспечивая скорость строительства и экономичность, что важно в условиях растущей потребности в жилье, должны полностью удовлетворить культурные и эстетические предпочтения местного населения. Одним из главных преимуществ такой технологии является увеличение скорости сборки. Поскольку основная часть конструкций изготавливается заранее, на заводе, на месте строительства необходимо лишь собрать уже готовые элементы. Это сокращает время строительства в несколько раз по сравнению с традиционными методами. Также префабрикация повышает качество строительства. Все элементы проходят серию тщательных проверок в заводских условиях, что обеспечивает более высокую степень соответствия стандартам качества и безопасности. Это также способствует улучшению долговечности конструкций и снижению вероятности возникновения ошибок при сборке [3]. Важным аспектом префабрикации является ее экономическая эффективность. Значительное сокращение времени строительства снижает затраты на оплату труда, использование ресурсов и связанные с ними издержки. Такая технология также позволяет управлять затратами более эффективно и предсказуемо [4].

На примере одного из крупнейших производителей в Индонезии- Bali Prefab рассмотрим процесс префабрикации, основанный на традициях национального жилища, как в выборе материалов для строительства, так и архитектурно-планировочных решений. Метод основывается на тщательном изготовлении элементов конструкции в контролируемых условиях мастерских и заводов. Это позволяет обеспечить высокое качество элементов и минимизировать риск ошибок, которые могут возникнуть при строительстве объекта на площадке. Процесс начинается с тщательного проектирования, в ходе которого разрабатываются планы и спецификации каждой префабрированной части будущего здания (Рис.1). Это включает в себя детальный анализ строительных элементов, их функциональности и соответствия стандартам безопасности [5].



Рис. 1. Проект дома на основе префабрикации, Технология Bali Prefab

Основными характерными признаками культурного кода в архитектуре балийских домов является наличие внутреннего двора-террасы и выхода из каждой комнаты на открытую террасу, что позволяет осуществлять сквозное проветривание в условиях жаркого и влажного климата. Скатная кровля также является традиционным элементом дома. Причем значительный угол наклона и толщина покрытие кровли должны создавать условия для теплоизоляции и одновременно хорошего отвода многочисленных осадков,

характерных для этого климата. Еще одним важным условием сохранения культурного кода являются высокие свайные фундаменты, позволяющие избежать затопления дома во время паводков. Применение традиций и культурного наследия в современных модульных домах. Кроме архитектурно-планировочных особенностей в архитектуре модульного дома используются и декоративные элементы, характерные для культурного кода Индонезии. Индонезийские производители придерживаются философии сохранения эстетической и функциональной ценности традиционного строительства, внедряя его в инновационные концепции модульных домов [6]. Интеграция традиций в современное жилищное строительство представляет собой не просто объединение архитектурных элементов, но и перенос фундаментальных концепций устойчивости, функциональности и социокультурной значимости. Индонезийские модульные дома учитывают предпочтения и потребности местного населения, отражая традиционные принципы планирования пространства, материалов и декоративных решений (Рис. 2).



Рис. 2. Элементы традиционной отделки, изготавливаемые в заводских условиях

Процесс унификации включает не только сохранение внешних черт и декоративных элементов, но и учёт современных стандартов комфорта, эффективности использования пространства и энергоэффективности. Тем не менее, при сохранении культурного наследия строительные проекты уделяют внимание социокультурному контексту, сохраняя уникальность традиционных элементов. Эта интеграция традиций в современные модульные дома не только подчёркивает значимость культурного наследия, но и способствует формированию идентичности, адаптации и социокультурной связности среди молодого поколения. Она стимулирует уважение к традициям, признание их ценности в современном обществе, а также способствует сохранению и преемственности культурных обычаев и истории [7].

Традиции сохранения культурного кода в жилищном строительстве на Бали реализуются также в использовании традиционных материалов. Стеновые конструкции деревянных домов состоят из твердых пород древесины с использованием металлической обвязки и/или фанерной подложки для восприятия боковых нагрузок. Плотники избегают использования деревянных соединений в середине пролета, чтобы еще больше повысить прочность сборных домов. Эти компоненты производятся в мастерских и заводах. Основные элементы конструкции создаются из высококачественных материалов, обладающих устойчивостью к воздействию влаги, интенсивного солнца и других факторов тропического климата. После изготовления модули доставляются на место строительства, где происходит их сборка и монтаж. Это происходит быстрее и эффективнее, чем традиционные методы строительства, поскольку основная работа уже выполнена на стадии изготовления элементов (рис.3).



Рис. 3. Каркас дома в собранном виде

Далее идет отделка, упаковка и транспортировка к месту строительства. После нанесения финишного лака все компоненты тщательно упаковываются со слоем защитного пенопласта, а затем упаковываются в картонную упаковку. Кодировка, нанесенная непосредственно на деревянные элементы, также наносится на упакованные детали вместе с названием здания и именем заказчика (Рис.4).

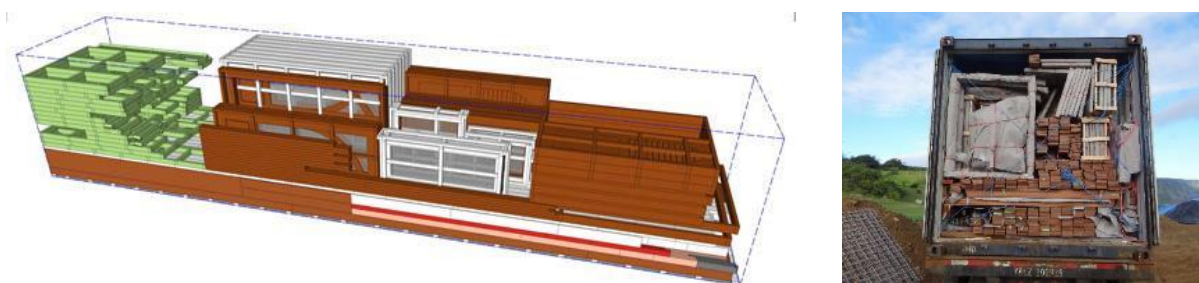


Рис. 4. Схема укладки модулей здания в габаритах контейнера и транспортировка.

Для проектов, изготавливаемых на производственном предприятии на Бали, указаны следующие сроки: изготовление может занять от 4 до 5 месяцев, а доставка занимает обычно 4-10 недель в зависимости от порта доставки и размера груза. Этот процесс интеграции традиций и культурного наследия в модульные дома является ключевым аспектом современного жилищного строительства на Бали и в Индонезии в целом. Он продолжает служить не только важным фактором удовлетворения жилищных потребностей, но и инструментом сохранения ценностей и традиций местной культуры в динамично меняющемся мире.

Традиционные методы строительства, основанные на столетних практиках, выделяются своей органичной природой, позволяющей воплощать местные природно-климатические условия и их влияние на культурные коды жилой архитектуры страны. Индонезийские модульные дома, сохраняя принципы традиционного строительства, все еще используют характерные материалы и техники [8]. Интересно, как в настоящее время наблюдается тенденция к слиянию традиционных и современных методов строительства, применяемых в модульных домах. Этот симбиоз позволяет сохранить ценности традиционного строительства, в то же время вносит элементы экономической эффективности и скорости возведения, присущие современным технологиям. Таким образом, современное жилище является отражением симбиоза лучших практик различных эпох и культурных традиций.

ВЫВОДЫ

Применение традиций культурного кода места при разработке проектов быстровозводимого жилища в современных условиях позволит решить не только вопросы быстроты и экономической эффективности современного жилья, но и обеспечит регионы

разнообразными архитектурными решениями в условиях растущей потребности в жилье. Современное строительство, сочетающее в себе передовые технологии с уважением к культурному контексту, представляет собой перспективный путь в создании инновационных и устойчивых жилищных решений. Полученные результаты подчеркивают важность сохранения и уважения культурного наследия при разработке современных жилищных альтернатив. Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение возможностей адаптации традиционных методов к современным условиям, а также на анализ устойчивости и долгосрочной эффективности таких жилищных конструкций. Прогнозируется развитие сегмента модульного строительства, где традиционные методы будут интегрированы в современные практики с целью создания устойчивых, функциональных и культурно насыщенных жилищных пространств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Префаб, который полюбят девелоперы, Аналитика, Строительная газета 29.05.2021 [Электронный ресурс] // <https://stroimprosto-msk.ru/publications/prefab-kotoryj-polyubyat-developery/>
2. Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage // UNESCO World Heritage Centre. [Электронный ресурс] <https://whc.unesco.org/en/conventiontext/>
3. *Amanda F.H., Tail.H.M., Cheung F.K.T.* BIG in off-site manufacturing for buildings // *Journal of Building Engineering*. 2017. Vol. 14. Pp. 89-102.
4. *Николайчук С.Е.* Обзор самых эффективных инновационных инструментов в строительстве // *Сметно-договорная работа в строительстве*. 2019. № 9. С. 48-51.
5. Bali Prefab / [Электронный ресурс] <https://www.bali-prefab.com/>
6. *Edward Aspinall* Modernity, History and Ethnicity. Indonesian and Acehese Nationalism in Conflict // *Autonomy and Disintegration in Indonesia*. Edited by Damien Kingsbury and Harry Aveling. L. and N.Y., 2004. Pp. 134-135.
7. *Фирсанов В.М.* Архитектура тропических стран. // М.: Издательство Российского университета дружбы народов, 2002. 234 с.
8. *Rossa Turburk Grabbed.* THE POTENTIAL OF TRADITIONAL MODULAR PREFABRICATED HOUSING FOR INDONESIAN DWELLING CULTURE // department of Architecture, Faculty of Engineering Universitas Indonesia

ВОЗМОЖНОСТИ РЕВИТАЛИЗАЦИИ ИСТОРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА БЫВШЕЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ФАБРИКИ «КРАСНЫЙ ПЕРЕКОП» В Г.ЯРОСЛАВЛЕ

А.Е. Орешина¹, А.И. Финогенов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹anastasiaoreshina@mail.ru

²finogenov45@mail.ru

Аннотация

Статья освещает актуальную проблему ревитализации ныне заброшенного производственного комплекса бывшей текстильной фабрики «Красный Перекоп» в городе Ярославле с целью сохранения данного исторического объекта и его дальнейшего использования для нового общественно-полезного функционального назначения. Представлен анализ современного отечественного и зарубежного опыта реконструкции старых промышленных зданий, проведен градостроительный и социологический анализ целесообразности ревитализации данного городского исторического объекта. Разработана и предложена концептуальная модель по внесению и формированию новых общественно-полезных функций на основе приспособления и модернизации существующих архитектурно-планировочных решений бывшего производственного здания. Практическая значимость предложенных решений определяется повышением уровня жизни городского населения, трансформацией архитектурного образа существующей застройки, сохранением объекта, как элемента исторической среды города, а также как интересного объекта общественно-культурного и туристического назначения.

ВВЕДЕНИЕ

В представленной исследовательской работе предложены направления по ревитализации существующей депрессивной производственной территории на примере функционального возрождения исторических ныне неиспользуемых производственных объектов, расположенных в центральном районе города Ярославль. Важность выбранной темы обусловлена стремлением сохранения и дальнейшего использования исторической архитектурной среды города. Появляющиеся общественные инициативы по сохранению архитектурных памятников и на всех уровнях органов власти продвигают идеи сохранения и реставрации объектов архитектурного наследия, объединения вокруг идеи квалифицированных специалистов и активных граждан. Умелое сочетание идеи сохранения архитектурных объектов с профессиональными проектами, дает большие перспективы для оживления и созидания благоустроенного и экономически эффективного городского пространства, способного стать при этом стимулом для развития прилегающих территорий.

При всестороннем изучении объекта были использованы как количественный, так и качественный метод исследования интересных решений по ревитализации с точки зрения социальной доступности, экономической эффективности и экологичности. Помимо этого, к основным задачам также входило перепрофилирование исторических производственно-общественных зданий, разработка принципиальных приемов проведения реконструкции в составе комплекса задач организации научно-образовательной деятельности, организация модульного функционального подхода внутреннего пространства зданий с формированием зданий-модулей различного функционального назначения. Немаловажно было и проведение натурного обследования с фотофиксацией и проведение физических измерений объекта реконструкции. Благодаря натурному обследованию были получены данные, что не найти ни в одной рабочей документации и архивах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе исследования был проведен сравнительный анализ результатов ревитализации бывших производственных объектов в нашей стране и за рубежом. Рассмотренные объекты были проанализированы с точки зрения использования планировочных решений, экономической эффективности, их социальной полезности и экологичности. В данной статье рассмотрены несколько таких примеров.

Центр для пожилых людей в Польше, г. Лещно (2015-2016 г.) был организован на основе реконструкции бывшего сооружения зернохранилища и большого здания конюшни. Данный проект был осуществлен архитектурным бюро NANOWO Architekci. Общая площадь реконструкции составляет 8928 м². До реконструкции здесь располагались фермерские постройки (конюшня и зернохранилище), после – дом отдыха для пожилых людей и по совместительству - отель [1].

Для повышения экономической эффективности в новых решениях было предусмотрено создание комплексного центра в составе: медицинский центр, центр реабилитации и спортивные залы, включая зал для йоги. Помимо гостиницы, в здании находится ресторан с уличным кафе, зал для мероприятий жильцов и даже небольшая капелла. На плоскости покрытия была предусмотрена зеленая терраса для общения с прекрасными видами, уютными столиками и площадками для игр (см. рис 1).

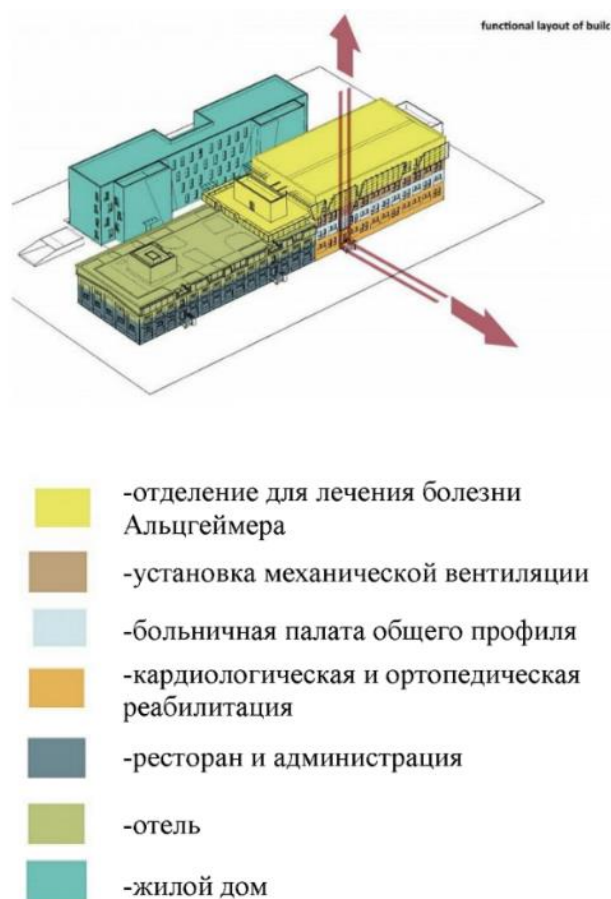


Рис. 1. Функциональное зонирование центра для пожилых людей в Лещно

При анализе объекта было выявлено, что часть комплекса используется как отель, в котором может остановиться любой желающий. Отдельный этаж отдан под палаты для больных людей, нуждающихся в особом уходе или живущих на аппаратах ИВЛ. Новый пристроенный корпус представляет собой комплекс апартаментов для пожилых людей, которые могут жить в своих квартирах, не меняя привычный ритм и пользоваться всеми

медицинскими и спортивными объектами. При реконструкции были использованы современные экологически чистые конструкции из перфорированного металла с сохранением изначальных несущих конструкций и материалы, между корпусами разбит небольшой сад с фонтаном и эксплуатируемая крыша с озеленением, что в свою очередь наносит меньше вреда природе.

Общежитие в бывшем зернохранилище в Норвегии, г. Осло, 2001 г. Данным проектом занималось архитектурное бюро HRTB, площадь реконструкции – 9000м². Новый объект решен как комплекс общественно-культурного назначения. в общежитии организованы: общественные помещения, размещённые на нижних этажах, а также исторические промышленные сооружения превратили в учреждения образования и культуры, центры творчества. Всем обитателям комплекса обеспечена равная доступность обширного верхнего этажа и террасы на крыше, откуда открывается интересный вид на город. комнаты широкие и подходят для маломобильных групп населения (см рис. 2) [2].

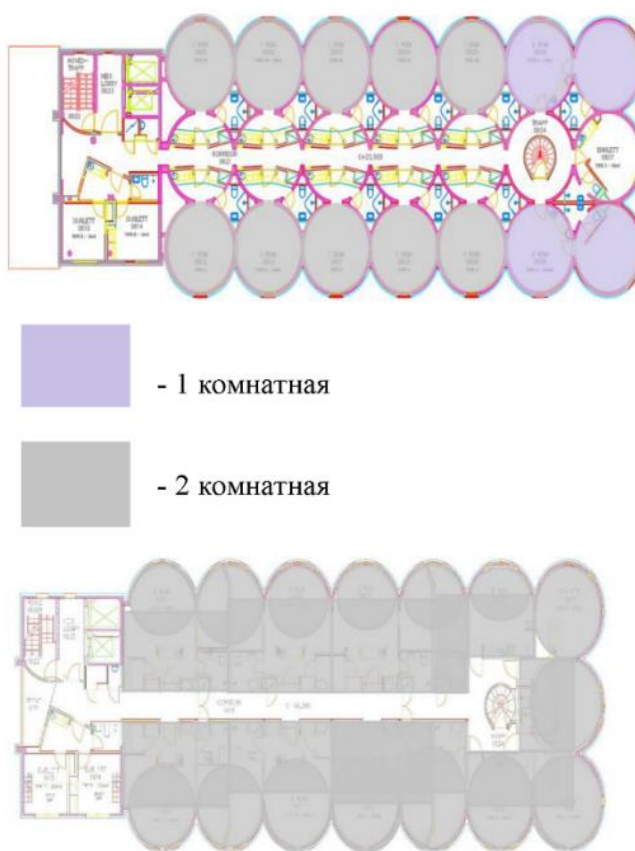


Рис. 2. Планы этажей общежития

Реконструируемый объект экологически привлекателен. Были сохранены несущие конструкции и материалы. Для обеспечения хорошей инсоляции были установлены окна во всю стену. Параллельно вдоль реки разбита парковая зона.

БЦ Бизнес-центр Голутвинская слобода в России, г. Москва (2001 г). Назначение объекта до ревитализации – мануфактура, Идея проекта по новому формированию комплекса бизнес-центра принадлежит акционерному обществу «Нафтам», площадь застройки составляет 19000м². Помещения сдаются под аренду офисов (см. рис. 3). Для удобства посетителей была организована многоэтажная парковка. [3]

Для удобства и комфорта установлено 3 лифтовые шахты входная группа разработана для маломобильных групп населения. Сохранены изначальные несущие конструкции. Основные материалы – красный кирпич, стекло и металл. Организовано озеленение во внутреннем дворе.



Рис. 3. Планировочные решения бизнес-центра Голутвинская слобода

Даниловская текстильная мануфактура в России, г. Москва, 2014-2016 гг. Над проектом работали разные архитектурные мастерские, в том числе и «Сити-Арх», строительный объем составляет 120 000 м². Проект ревитализации предусматривал создание административно-офисный и деловой центр. [4] В качестве одного из приемов реконструкции была увеличена этажность здания, разделение здания корпусов на три основные зоны (общественное питание, шоурум и зона офисов).

Доступность для всех групп населения достигается путем разделения офисов и общественных помещений. В качестве вертикальных коммуникаций было устроено 4 лестнично-лифтовых узла.

Основные использованные материалы – стекло, металл и кирпич. Основные несущие конструкции сохранены, а часть стены восстановлена. Наблюдаются элементы естественного освещения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

После рассмотрения проектов-аналогов и выявления проблемных аспектов, на которые необходимо обратить внимание, автором был проведен картографический анализ территории, на которой находится реконструируемая фабрика «Красный Перекоп», Выполнен он на основе генеральных планов города Ярославля [5, 6]. Опираясь на карты градостроительного зонирования, было выявлено, что территория является депрессивной и нуждается в развитии и улучшении:

- стоимость участка сравнительно высокая по сравнению с близлежащими территориями (35 594 375,35 руб.) – возможны проблемы с окупаемостью объекта после ревитализации
- объект расположен в зоне с особыми условиями использования территории и граничит с зоной охраны природных объектов
- располагается на границе с водоохранной зоной ВОЗ – возможен риск подтопления, поэтому следует предусмотреть усиление фундамента
- не является объектом культурного наследия, но граничит с ним, поэтому можно предусматривать снос пристроек, а также изменение формы фасадов
- есть потребность развития транспортной доступности общественного транспорта и парковочных мест для автомобилей

- слаборазвитая инфраструктура – есть потребность в организации культурного кластера для отдыха и времяпрепровождения как жителям города, так и туристам

Далее для выявления качественных характеристик объекта проектирования автором были использованы методы анкетирования и интервьюирования. Форма анкетирования проводилась через Google Forms [7], общее количество опрошенных респондентов составило 156 человек.

Были опрошены люди практически всех возрастов, однако преобладают опрошенные возрастом от 25 до 44 лет. Респонденты различного социального статуса.

Также было выявлено, что почти все респонденты не осведомлены о текстильной фабрике «Красный Перекоп», однако хотели бы узнать. Благодаря этим данным можно сделать вывод, что в реконструируемом здании необходимо организовать музей об этом объекте и, возможно, татские мастерские, обучающие всех желающих ремеслу по сохранившимся до наших дней технологиям.

Опираясь на полученные ответы респондентам реконструируемое помещение требует организации внутри таких функциональных зон, таких как: мастерские, рекреация, косметология, спорт, питание, магазины, офис, музей (см. рис 4).

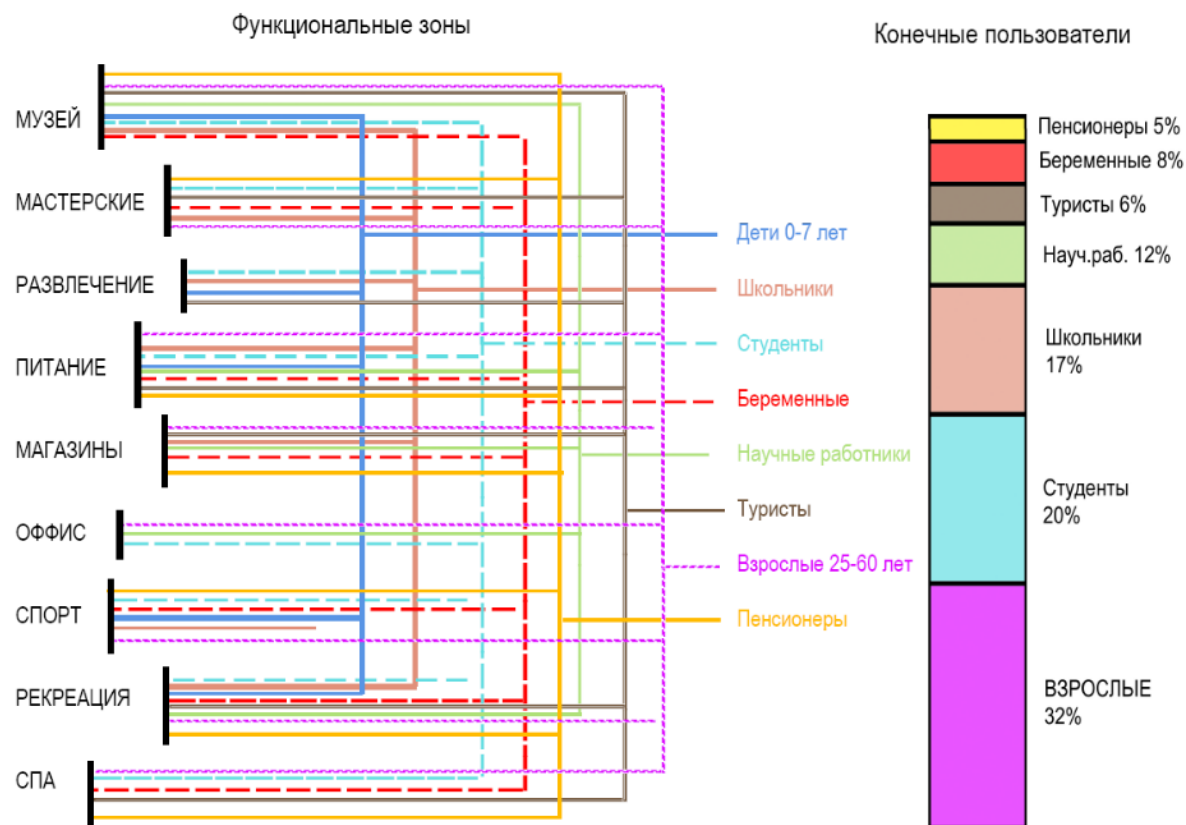


Рис. 4. Анализ предпочтений респондентов

Для окончательной оценки состава намечаемой ревитализации бывшей текстильной фабрики «Красный Перекоп» автором были выполнены натурные обследования состояния объекта.

Стоит обратить внимание на хорошее состояние несущих стеновых ограждений, конструкций внутреннего металлического каркаса. Помимо этого, обнаружено наличие обрушения небольшой части фасада; оконные рамы требуют замены; часть оконных проемов заложена; лестницы и колонны, вылитые из чугуна, находятся в хорошем состоянии; конструкция крыши из деревянных элементов требует замены; приветствует дисгармоничность территории, много пристроек и заброшенных складов. Износ здания составляет 50%, а фасад требует «косметический ремонт» (см. рис. 5)



Фасад

Лестница

Колонны

Рис. 5. Фотофиксация объекта

В качестве решения поставленной проблемы ревитализации существующей депрессивной производственной территории города Ярославль автором была разработана концептуальная модель ревитализации заброшенных корпусов текстильной фабрики (см. рис. 6). Опираясь на опрос респондентов и потребность развития инфраструктуры на данной территории было решено организовать такие функциональные зоны, как: развлекательная, спортивная, магазины, питание, рекреация, офисная.

Исторически сложилось, что реконструируемая текстильная фабрика состоит из трех пристроенных корпусов, поэтому автор его на несколько основных блоков, соединенных между собой горизонтальными коммуникациями.

Первый блок: на первом и втором этаже находятся высечные помещения музея, лекционный зал и мастерские. Офисы расположены на 3-5 этажах, администрация – 6 этаж.

Второй блок здания относится к детско-развлекательному центру: 1-2 этажи магазинов, 3 этаж развлекательный центр с игровыми автоматами. На 4 этаже зона ресторанов и кафе, секции по изучению танцев, пению и игры на музыкальных инструментах. Зона тихого отдыха и рекреации на 5 этаже, а детский театр на 6. Присутствует торговый блок с различными магазинами для всех членов семьи.

По результатам опроса, во время ожидания детей из секций, респонденты отдали свое предпочтение посещению различных косметических и оздоровительных процедур. Данные требования были учтены. Поэтому в реконструируемом, ныне досуговом,

центре размещен блок со СПА процедурами, где посетители могут посетить косметолога, массажиста, парикмахера и т.п. На верхнем же этаже гости имеют возможность позаниматься спортом в фитнес-клубе.

Внутри СПА блока предусмотрена зона рекреации с атриумом и зимним садом. Для привлечения туристов и сохранения памяти о текстильной фабрике была организована зона музея, а также зона мастерских, где обучают текстильному ремеслу по старым технологиям.

Так как на территории бывшей текстильной фабрики во время натурного обследования обнаружено много не эксплуатируемых пристроек (бывших складских помещений), было принято решение об их сносе по причине искажения общего облика здания. (см. рис. 6)

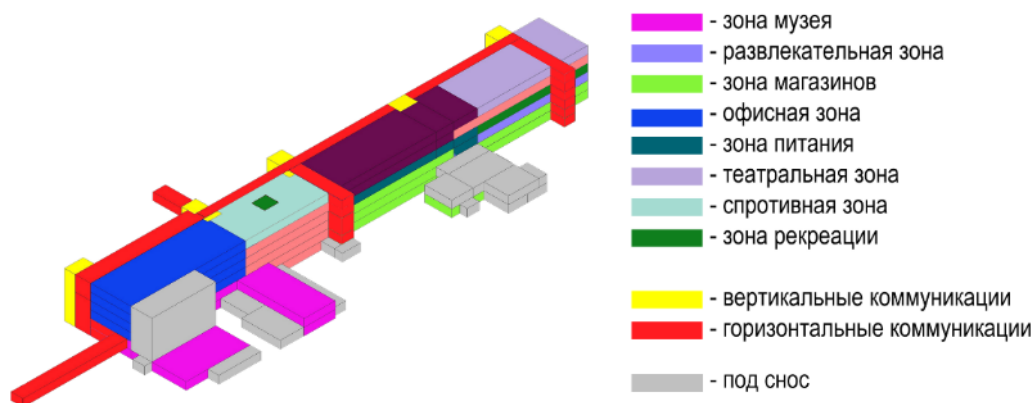


Рис. 6. Функциональная модель текстильной фабрики «Красный Перекоп» после ревитализации

ВЫВОДЫ

Территория, на которой проводится ревитализация объекта является депрессивной и нуждается в развитии как инфраструктуры и транспортной доступности. Решение данной проблемы представляет собой внедрение многофункционального комплекса семейного отдыха. Автором было предложено внедрение таких функциональных зон, которые заинтересуют все слои городского населения разных возрастов, а также привлечет поток туристов. Благодаря этому территория станет более привлекательная для посещения, улучшится инфраструктура города, и в свою очередь пространство бывшей текстильной фабрики «Красный Перекоп» перестанет быть депрессивной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Elima.ru [Сетевой ресурс]; статья «Современный опыт реконструкции объектов промышленной архитектуры под жильё (Европа, США, Австралия)», М.В. Назарова (С-ПбГАСУ) –2022 – URL: <https://elima.ru/articles/?id=73> (дата обращения 09.11.2023)
2. Журнал о современной архитектуре и предметном дизайне [Сетевой ресурс]. – 2022 – URL: <http://artpart.org/> (дата обращения 09.11.2023)
3. Недвижимость [Сетевой ресурс]; статья Денис Ромодин: Краткая история реновации московских фабрик – 16.12.2015 – URL: <https://realty.rbc.ru/news/577d17a19a7947e548ea4a1c> (дата обращения 09.11.2023)
4. Мослента [Сетевой ресурс]; статья “Интеллектуальная фабрика. Как на месте старинного ткацкого производства выросла новая Даниловская мануфактура” – 19.01.2017– URL: <https://moslenta.ru/city/danilovskayamanufactura.htm> (дата обращения 09.11.2023)
6. Официальный портал города Ярославля [Сетевой ресурс]; Генеральный план города Ярославля (Материалы по обоснованию) – URL: <https://cityyarosavl.ru/city/about/arkhitektura-goroda/plan/documents/index.php> (дата обращения 10.12.2023)
7. ru-ru.topographic-map.com [Сетевой ресурс]; Топографическая карта Ярославская область, высота, рельеф – URL: <https://ru-ru.topographic-map.com/map-k2rb57/Ярославская-область/?center=57.61395%2C39.83657&zoom=16&porup=57.62394%2C39.8132> (дата обращения 10.10.2023)
8. Google Forms.com [Сетевой ресурс]; анкета «Досуг и Отдых» - URL: <https://forms.gle/4FCWxKbr241MwBCv9> (дата обращения 11.12.2023)

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОКЗАЛОВ: КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ И ВЛИЯНИЕ

Наджва Аль Хелу¹, Т.Р. Забалуева²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹najwa.alhilo@gmail.com,

²trzabalueva@yandex.ru.

Аннотация

В настоящее время железнодорожные вокзалы играют важную роль в транспортной системе, облегчая передвижение людей между городами и даже странами. В этой статье основное внимание уделяется необходимости создания универсальных и многофункциональных пространств при проектировании или модернизации таких зданий, чтобы адаптироваться к разнообразным потребностям пользователей. Особое внимание уделяется роли, которую играют современные железнодорожные вокзалы в архитектурной гармонии с окружающей средой. В статье рассматриваются трудности и проблемы, с которыми сталкивается транспортный сектор Сирии сегодня. Также анализируется марокканский опыт для разработки стратегий модернизации и обновления исторических железнодорожных вокзалов.

При этом были подчеркнуты важность и влияние применения принципа многофункциональности в архитектуре железнодорожных вокзальных зданий.

ВВЕДЕНИЕ

Железнодорожные вокзалы в Сирии страдают от устаревшей архитектуры, которая осталась неизменной со времен предыдущего века и не соответствует современным стандартам и потребностям общества. Эта проблема сказывается на их эксплуатации и приводит к уменьшению числа людей, использующих эти объекты. Вместо этого, люди предпочитают обращаться к другим видам транспорта, таким как автобусы и личные автомобили, для своих поездок между городами страны [1]. Этот переход на альтернативные виды транспорта имеет негативные экологические последствия. Увеличение количества автомобилей на дорогах ведет к увеличению выбросов углекислого газа и загрязнению атмосферы страны (Рис. 1)[2].

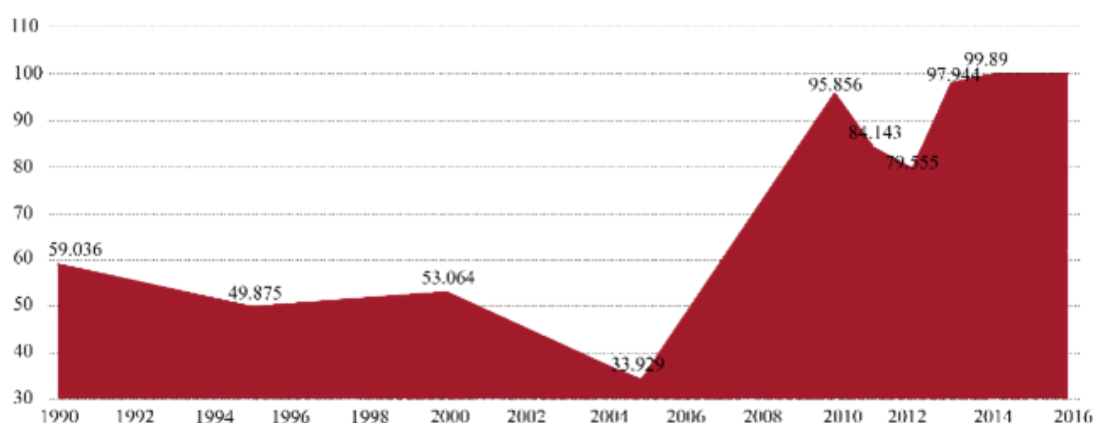


Рис. 1 – Уровни загрязнения воздуха в Сирии со временем.

Кроме того, использование личных автомобилей приводит к созданию транспортных заторов на въездах в города.

Необходимость в обновлении и модернизации железнодорожных вокзалов становится критической для поддержания эффективной транспортной инфраструктуры и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В целях модернизации архитектуры железнодорожных вокзалов в Сирии было предложено изучить опыт Марокко по применению принципа многофункциональности для активной эксплуатации этих зданий в их окружающей среде.

Марокканский опыт проектирования железнодорожных вокзалов

Для анализа методов модернизации архитектуры старых железнодорожных вокзалов в Марокко проводится сравнительный анализ железнодорожного вокзала в Танжере и вокзала Рабата Аждад.

Железнодорожный вокзал Танжера

Железнодорожный вокзал Танжера был модернизирован путем преобразования его в многофункциональный железнодорожный комплекс [3].

Железнодорожный вокзал Танжера расположен в туристической территории, и поэтому главной целью модернизации этого вокзала было удовлетворение потребностей туристов в дополнение к удовлетворению потребностей пассажиров и жителей окрестностей. Таким образом, вокзальный комплекс состоит из следующего:

- Отель, выставочный павильон для проведения различных мероприятий.
- Торговый центр и офисная башня для обслуживания жителей района.
- Главное здание вокзала содержит различные службы для обслуживания пассажиров во время их присутствия (Рис. 2) [4].

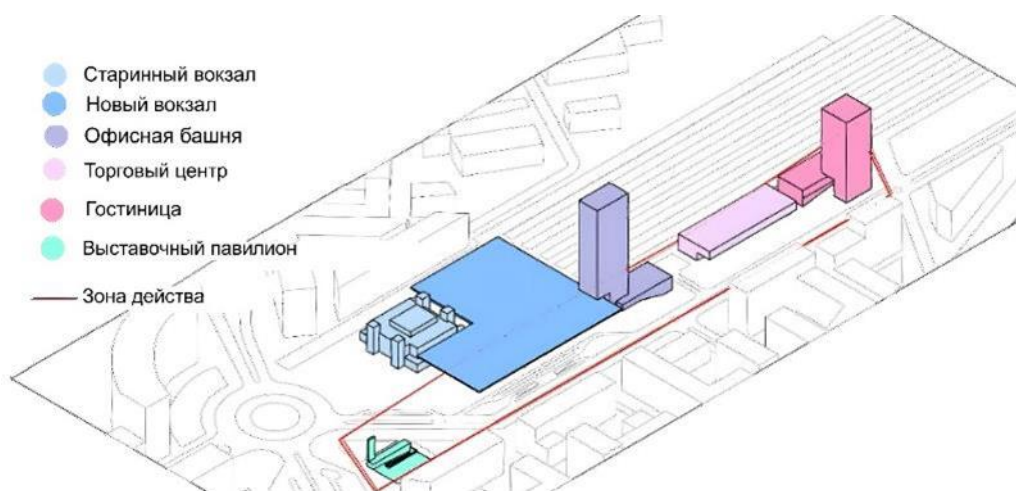


Рис. 2 – Здания вокзального комплекса Танжера.

Железнодорожный вокзал Рабат-Аждад

Старый железнодорожный вокзал, стратегически расположенный недалеко от исторического города Рабат, претерпел значительные изменения. Основное внимание было уделено его модернизации с целью превратить его в многофункциональный железнодорожный комплекс. Этот комплекс был спланирован таким образом, чтобы включать в себя несколько отдельных зданий, обеспечивая надлежащую приватность каждому из них [5].

Исторический вокзал был преобразован в коммерческий раздел торгового центра, который соответствует духу археологического города. В рамках железнодорожного комплекса были проведены исследования потребностей посетителей исторического района, что привело к строительству гостиничной башни, хостела и площади для проведения различных мероприятий. Более того, железнодорожный комплекс включает в себя торговый центр, офисное здание и парк, удовлетворяя разнообразные потребности посетителей и жителей окружающего района (Рис. 3).

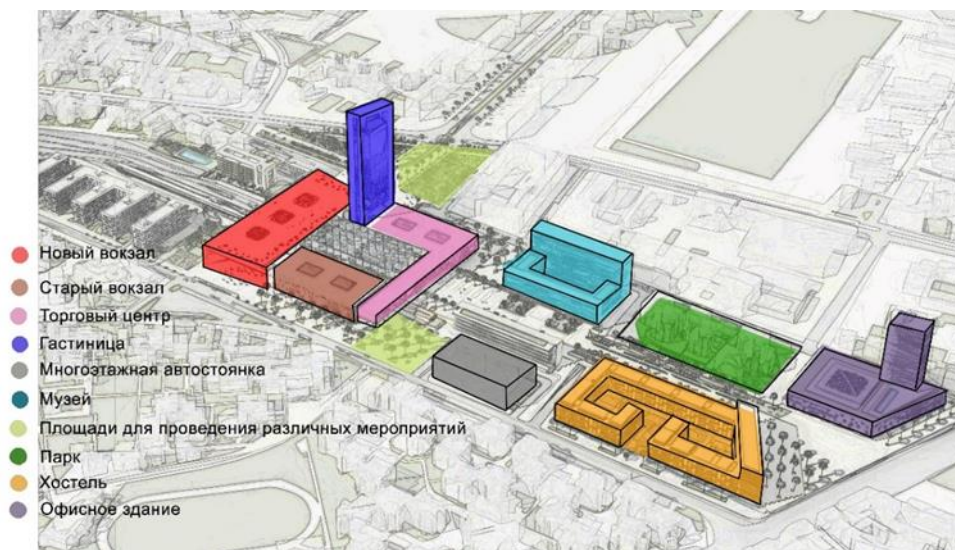


Рис. 3 – Здания вокзального комплекса Рабат-Адждад.

Анализируя марокканский опыт модернизации старых железнодорожных вокзалов, была подчеркнута важность применения принципа многофункциональности, чтобы эти здания соответствовали современным требованиям людей. Такой подход оптимизирует использование пространства, улучшает впечатления пользователей и пассажиров, усиливает взаимодействие с сообществом и поддерживает устойчивость городской среды.

Эффективное применение принципа многофункциональности в архитектуре железнодорожных вокзалов основано на:

- Анализ функциональной схемы территории вокруг вокзала;
- Изучение потребностей различных категорий людей [6].

Благодаря предыдущему исследованию важность применения принципа многофункциональности при модернизации архитектуры железнодорожных вокзалов в Марокко можно резюмировать в нескольких основных аспектах:

- Функциональное воссоединение железнодорожных вокзалов с окружающей средой.
- Способность реагировать на изменяющиеся требования.
- Экономическая устойчивость этих зданий достигается за счет обслуживания различных групп населения, отличающихся материальным и социальным положением.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основываясь на результатах анализа марокканского опыта, архитектура существующих железнодорожных вокзалов в Сирии может быть модернизирована на основе применения принципа многофункциональности для удовлетворения различных потребностей людей.

Применение принципа многофункциональности основано на анализе служб, расположенных в окрестностях выбранной железнодорожной станции, для определения сильных и слабых сторон данного района.

В столице Дамаск, было предложено модернизировать исторический железнодорожный вокзал Хиджаз. Этот вокзал находится на стратегической оси, соединяющей университет Дамаска с популярным старым рынком, в дополнение к наличию многих культурных и туристических достопримечательностей на этой оси (Рис. 4)[7].



Рис. 4 – Месторасположение железнодорожного вокзала.

Из-за старой планировки люди больше не пользуются этим вокзалом с начала текущего века. Следовательно, чтобы восстановить привлекательность вокзала для эксплуатации в современных условиях, было предложено превратить это здание в многофункциональный комплекс железнодорожного вокзала. На основе анализа слабых и сильных сторон выбранной территории и изучения требований людей было отмечено следующие проблемы региона, а именно нехватка:

- Коммерческих для удовлетворения потребностей жителей региона.
- Коворкинга для обслуживания студентов университетов и школ.
- Офисного здания для привлечения бизнесменов.
- Хостела для туристов и гостей района.

В результате предлагается модернизировать исторический железнодорожный вокзал, применив принцип многофункциональности для достижения его эффективной работы в инфраструктуре города (Рис. 5).

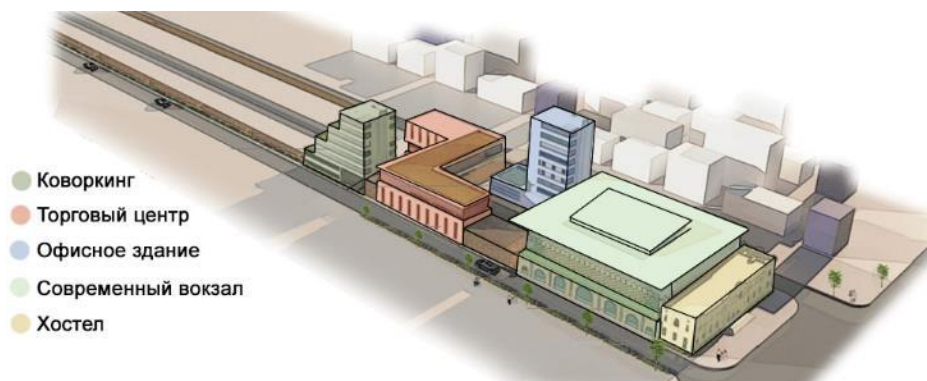


Рис. 5 – Предлагаемый вокзальный комплекс.

ВЫВОДЫ

Модернизация железнодорожных вокзалов через внедрение принципа многофункциональности существенно повышает их эффективность и удобство. Такой подход трансформирует вокзалы не просто в ожидания поездов, а в центры социальной активности, объединяя транспорт, коммерцию, культуру и отдых. Это обогащает опыт пассажиров, привлекает разные категории посетителей и способствует экономической устойчивости вокзалов. Адаптивность к изменяющимся потребностям и интеграция с окружающей средой обеспечивают функциональное разнообразие вокзалов, а также постоянное привлечение разнообразных посетителей, что является ключевым для их успешной эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аль Хелу Наджва. Принципы проектирования современных вокзальных комплексов в Сирии: дис. магистратура: 07.04.01. М., 2023. 112 с.
2. Аль Хелу Наджва, Забалува Татьяна Рустиковна. Возможности реконструкции железнодорожных вокзалов в арабских странах // АМИТ. 2023. № (1)62. С. 78-88.
3. Аль-Малихи Юссеф. Железнодорожный вокзал в Танжере // Формовщики. 2013. Вып. 1. Режим доступа: <http://www.formakers.eu/project-785-youssef-melehi-la-gare-igv-de-tanger>. Дата обращения: 04.05.13.
4. Аль-Малихи Юссеф. Из Танжеры // Марокко на большой скорости. 2014. Вып. 3. Режим доступа: <http://www.oncf-lemarocagrandevitesse.com/tanger-ville-depart.html>. Дата обращения: 24.02.14.
5. Делаплас Мари. Высокоскоростные железные дороги в развивающихся странах и потенциальное неравенство в использовании: пример Марокко // 360 high-speed store. 2018. № 6. С. 37-59.
6. Лука Бертолини, Теджо плюнул. Города на железнодорожных дорог. Утрехтский университет, Нидерланды. Из. E and Fn Spon. Нью-Йорк. 1998. 247с.
7. Дараке Салех. Железная дорога Хиджаза // State Library. 2015. № 2 С. 205-208.

МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ

Е.Д. Коротаева¹, Т.В. Пронина²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹korotaeva-ed@mail.ru

²pronina_t@list.ru

Аннотация

Современный человек, проживающий в городе и находящийся в относительной изоляции от естественной природной среды, интуитивно ищет разные формы выхода на неё в условиях урбанизированной жизни, и одним из способов контакта с живой природой, несомненно, становится содержание в квартире домашних животных. Однако в условиях города содержание животных имеет свою специфику – организация и контроль ухода за ними, их питания, медицинского обслуживания требуют немало сил и времени, поэтому потребительский спрос на услуги соответствующих учреждений, призванных помочь в содержании питомцев, постоянно растёт, но далеко не всегда бывает удовлетворён. Данная проблема требует комплексного подхода, учитывающего аспекты функционального, формального, градостроительного, психико-социального и экономического характера.

В статье рассматриваются вопросы системного формирования объектов обслуживания домашних животных в условиях городской среды: определяются перспективы развития новой архитектурной типологии данных объектов, обозначаются проблемы их проектирования и строительства, связанные с этим социально-правовые проблемы, включая и нормативно-законодательные. Целью данной статьи является анализ текущих тенденций в развитии архитектурных объектов по обеспечению услуг населению с домашними питомцами, а также обозначение необходимости формирования многофункциональных зоосервисных общегородских и районных центров с развитой инфраструктурой и перспективной возможностью территориального развития, способных на одной территории удовлетворять имеющийся спрос не только на качественное комплексное обслуживание домашних животных, но и предоставлять возможность общения и обмена опытом их хозяевам, обучения грамотного обращения с питомцами, устройства выставок и конкурсов домашних животных, проведения тренингов как с животными, так и с их владельцами, прочих мероприятий, обеспечивающих приятный образовательный досуг городским жителям, не представляющих свою жизнь без друзей-животных, а также популяризацию здорового образа жизни. Таким образом, могут одновременно решаться задачи и бытового, и социального характера.

ВВЕДЕНИЕ

Как показывает практика, польза от общения городского населения с домашними животными неопределима, что неоднократно отмечалось и педагогами, и психологами, и врачами. Дети, растущие в семьях с домашними животными, отличаются гибкой психикой, эмоциональной развитостью, большей коммуникабельностью, лучше и быстрее откликаются на чужие проблемы. Анимо-терапия – один из распространённых эффективных методов лечения людей с умственными и психическими отклонениями, реабилитации больных после инсульта, инвалидов. Да и для здорового взрослого человека в условиях растущих темпов городской жизни и насыщенных информационных потоков животные становятся средством эмоциональной разрядки и отдохновения. Неудивительно, что живые питомцы нередко становятся практически полноправными членами семьи, получающими любовь и внимание своих хозяев.

По данным всероссийского центра изучения общественного мнения (ВЦИОМ) во всем мире наблюдается активный рост числа домашних животных. Россия занимает в этом

процессе 2-е место после США, больше половины российских семей (более 68%) содержат дома какого-либо питомца, что составляет на настоящий момент приблизительно 40,3 млн. особей, из них всего 16% заведены для охраны [1]. Цели содержания животных в условиях города разные, – но в основном для общения, отдыха и спорта (рис. 1).

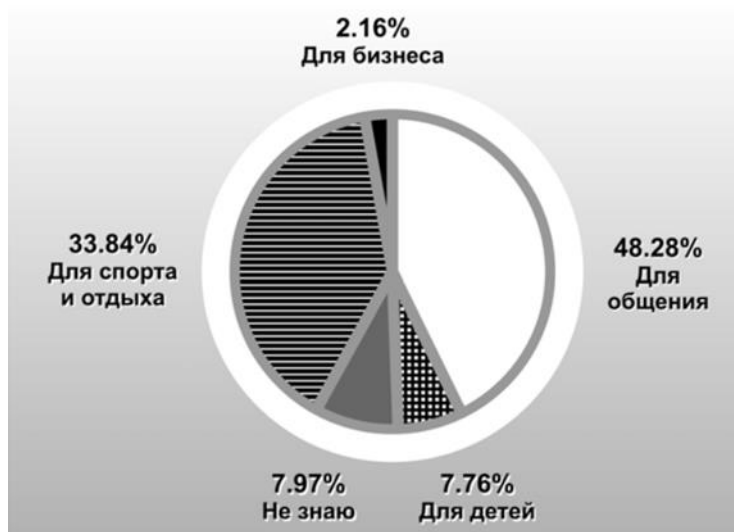


Рис. 1. Статистика причин содержания питомцев в городских семьях

Подавляющее большинство представителей домашних питомцев по данным статистики – это по-прежнему собаки и кошки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данное исследование проводится на основе анализа потребительского спроса и опыта развития сервисных услуг содержания домашних животных в городских условиях за рубежом и в России, а также на основе обзора научной и профессиональной литературы, нормативно-законодательной и рекомендательной документации, в соответствии с критериями устойчивого развития в архитектуре (рис. 2)

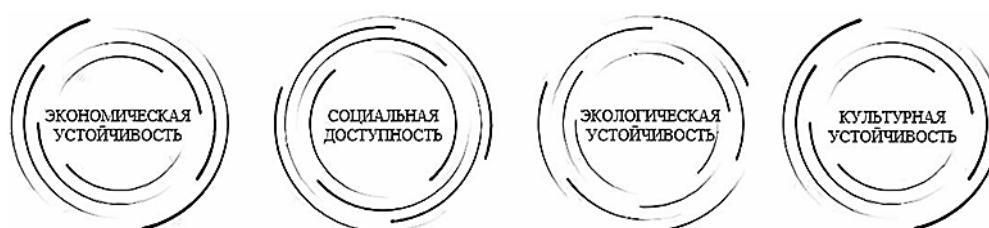


Рис. 2. Основные критерии «устойчивой» архитектуры

В исследовании системно учитывается влияние внешних факторов, – и региональных, и градостроительных, а также функциональных особенностей самих объектов, возможности эффективного использования территорий с учетом их географического и ландшафтного потенциала. Исследование нацелено на разработку принципов формирования объёмно-планировочных решений зоосервисных комплексов, а на их основе – построение оптимизированных компоновочных моделей по группам усреднённых ситуационных условий.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ существующей ситуации в данной сфере показывает, что с ростом числа домашних питомцев существенно расширилась номенклатура учреждений [2], предоставляющих услуги зоосервиса. К основным из них можно отнести:

- гостиницы;
- груминг салоны;
- дрессировочные пункты;
- расширенный спектр ветеринарии;
- ателье;
- торговля;
- клубы любителей животных и т.д.

Вместе с тем растёт и производственная база – по изготовлению кормов, лекарств, мебели и оборудования, предметов быта домашних животных, демонстрируя успехи зообизнеса в целом.

В США и в Европе накоплен определённый опыт проектирования зоогостиниц для временной передержки животных, где гостиничные услуги совмещаются с сервисными услугами для населения с домашними животными (рис. 3).



Рис. 3. Общий вид и план основного этажа отеля для собак и кошек Canine & Feline в г. Вила-ду-Конде (Португалия, 2019 г. Архитектор Раулино Силва), предназначенного для временного размещения собак и кошек, отеля, где животные остаются на несколько дней, во время отпуска или профессиональных поездок их владельцев. В качестве дополнительных функций включены ветеринарный кабинет, комната для груминга, площадки для тренировок на открытом воздухе и бассейн для домашних животных [3].

Анализ существующего положения показывает, что архитектурные объекты по обслуживанию домашних питомцев можно разделить на три принципиальные группы:

1) общественные здания зоонаправленности, 2) объекты специализированной ландшафтной архитектуры, 3) производственные здания и сооружения зоосферы. Как правило, первые 2 группы объектов, расположенных на периферии или за чертой города, объединяются в комплексы.

К категории общественных зданий следует отнести:

- ветеринарные клиники (амбулатории), аптеки и группы помещений для проведения анализов [4];
- зоогостиницы с службами передержки питомцев [4];
- тренировочные центры и помещения спортивного назначения;
- помещения бытового обслуживания питомцев (ателье, груминг-салоны, зоомагазины, рынки и т.д.);

Категория объектов ландшафтной архитектуры подразумевает:

- специализированные городские парки;
- манежи для соревнований, выставок, дрессировки и выгула;
- площадки для отдыха и игр с животными.

К категории производственных зданий и сооружений по утверждённому классификатору ОКС относят:

- здания производства кормов, лекарств, уходовой косметики, мебели и оборудования;
- здания ветеринарных служб (стационары);
- крематории (нередко устраиваются в комплексе с ветеринарными службами);
- здания кинологовических организаций;
- здания приютов для безнадзорных животных и питомников [5];

Проведенный анализ немногочисленных объектов из данной типологии, связанных с содержанием, обслуживанием и демонстрацией животных в городских условиях, позволяет сформулировать основные *приёмы архитектурно-планировочной организации* комплексных объектов зоосервиса и зоодосуга:

- наличие в комплексе четко выраженного композиционного центра в виде общественного здания с определенным набором функций по обслуживанию как хозяев, так и домашних животных, нередко, по архитектуре вступающего в гармонический контраст с природным окружением;
- рассредоточенное, как правило, расположение на территории комплекса различных по функциональному назначению групп помещений в отдельных объемах, связанных общим композиционным решением и, по возможности, максимально интегрированных в природное окружение;
- наличие выделенных зон для выгула питомцев, разделенных для разных видов животных;
- наличие зон для гигиенических процедур;
- наличие ветеринарных служб [6];
- наличие зон для хранения специального оборудования для животных;
- активное озеленение территорий, свободных от функциональных площадок, вплоть до устройства парковых зон;
- творческое использование существующей геопластики природного ландшафта и, нередко, генерирование новой геопластики;
- соблюдение санитарных разрывов с жилой и застройкой по градостроительному нормированию не менее 50 м.

При этом также наблюдается предпочтение в выборе натуральных конструкционных и отделочных материалов.

По проведенному анализу потребительских предпочтений и существующих типологических объектов по обслуживанию домашних питомцев можно сделать вывод, что основное общественное здание в составе многофункционального зоосервисного комплекса может включать в себя следующие функции:

- консультативную (юридического, уходового и др. характера);
- торговую;
- административно-управленческую;
- научно-исследовательскую;
- услуги салона-парикмахерской (груминг-центра);
- ветеринарно-клиническую (без стационара) или просто ветеринарный кабинет;
- услуги страхования;
- услуги заказов и «бюро находок»;
- ателье;
- клуба любителей животных;
- конгресс-холл для проведения общекультурных мероприятий;
- кафе,

А также вспомогательные помещения – коммуникационные, сантехнические, инженерно-технические, бытовые помещения персонала и т.д.

Высота таких зданий, как правило, не превышает трёх этажей.

В отдельных блоках могут размещаться зоогостиница, дрессировочный центр, при соответствующем обосновании – ветлечебница и крематорий, логистические структуры.

В России зоосервис и зоодосуг является новой, но достаточно быстро расширяющейся сферой обслуживания. Как показывает анализ, развитие данной отрасли характеризуется определённой хаотичностью и отсутствием сбалансированности, чему есть *причины*:

1. *Нет систематизированной нормативной базы конкретно по данной типологии объектов*, в том числе к расчёту по размещению на обслуживаемой территории. Достаточно хорошо проработана нормативная база по ветеринарным объектам и по приютам для безнадзорных животных [7]. Объекты для других функций формируются согласно заданию на проектирование под конкретного, как правило, частного заказчика в соответствии с его опытом и бизнес-планом.

2. *Недостаточное градостроительное планирование данных объектов*. К сожалению, градостроительное развитие городов редко учитывает наличие таких централизованных специализированных зон в черте городской застройки. Чаще эти зоны предусмотрены градостроительным планом в блоке с производственными или логистическими территориями, что затрудняет их эксплуатацию рядовыми гражданами. Большинство же относительно мелких существующих зоосервисных точек организовано либо на первых и в подвальных этажах жилых домов, либо в отдельно стоящих небольших сооружениях, ассортимент услуг в которых достаточно скромнен. В некоторых населённых пунктах подобные функции никак вообще не предусмотрены.

3. *Немногочисленный опыт проектирования и строительства данной категории объектов*, что объясняется сравнительно непродолжительным периодом растущего спроса на данный вид услуг и отсутствием должного количества и качества профессионалов-технологов, и в свою очередь объясняет и отсутствие типовых наработок.

4. *Нехватка специализированных сотрудников в разных отраслях данной сферы*. Из-за отсутствия нормальных условий работы, на рынке труда имеется малое количество специалистов, соответствующих требованиям зоосервиса.

Всё это приводит к тому, что далеко не всегда приспособляемые и арендуемые под данные функции помещения подходят в полной мере под назначение объекта, а внешняя архитектура почти всегда не соответствует образу. Хотя есть и немногочисленные, но достойные функциональные решения в примерах нового целевого строительства (рис. 3).



Рис. 3. Пример существующей гостиницы премиум класса для передержки питомцев на участке в 1 га (Москва, Калужское ш., пос. Красная Пахра)

В последнее время в России проводятся конкурсы на проектирование масштабных приютов, совмещающих в себе и сервисные услуги для населения с домашними животными (рис.4).



Рис. 4. Приют для животных в России (проект – победитель всероссийского конкурса архитектурных концепций приютов для безнадзорных животных, 2018 г. Арх. бюро Archifellows). Задача – создать комфортное место для временного содержания животных, а также точку притяжения для их будущих владельцев. Территория приюта (10 га) объединяет павильоны для собак и кошек, отдельные постройки для стерилизации и вакцинации, площади для времяпровождения посетителей и животных [8]

Появились и первые попытки в России разработать стандартные решения приютов для территорий определённой площади и конфигурации (рис. 5)

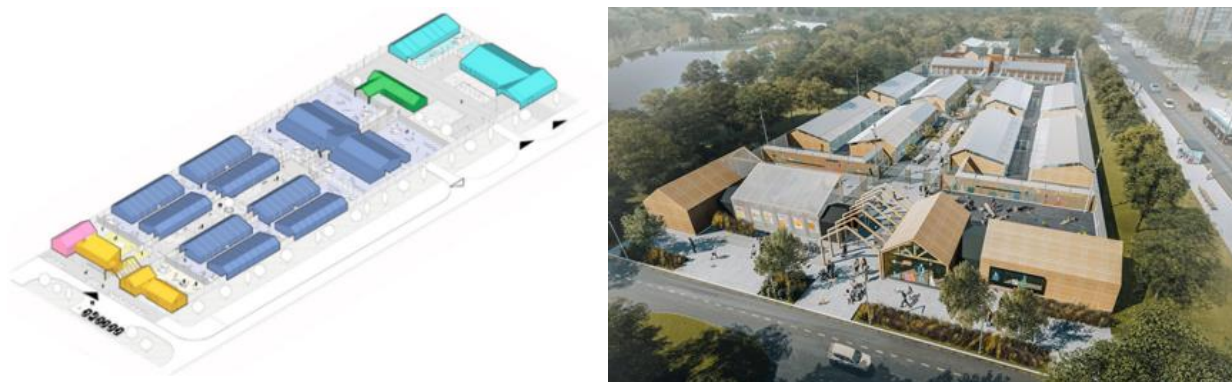


Рис.5. Стандарт приютов для животных в России (типовое предложение для территории 1 га, разработка арх. бюро Archifellows, 2019 г.) включает: отдельные вольеры для кошек и собак, административный блок, место для социализации животных с будущими хозяевами, площадка для мероприятий, холодные и теплые вольеры, блок для вакцинации, карантин и технический блок для подготовки еды и уборки [9].

ВЫВОДЫ

Таким образом, повышение потребительского спроса на сервисные услуги по уходу и воспитанию домашних животных требует развития архитектуры инфраструктурных объектов соответствующего типа. Концентрация услуг на единой территории многофункционального зоосервисного комплекса даёт возможность обеспечивать надлежащий уровень качества предоставляемых услуг, расширять их номенклатуру, продвигать применение современного оборудования и инновационных подходов, создавать максимально комфортные условия для потребителей, экономя их время и ресурсы при комплексном обслуживании, а также укреплять единство людей с общими интересами.

В связи с этим, учитывая существующие проблемы в данной сфере, особую актуальность приобретает необходимость разработки *научно обоснованных принципов* архитектурного проектирования подобных объектов, а также их типизированных моделей для усреднённых градостроительных ситуаций, что позволит раскрыть новые перспективы в развитии архитектурной типологии, реализовать растущий потенциал зообизнеса и, конечно же, удовлетворить потребности городского населения в желании иметь и правильно воспитывать домашних животных. Данные принципы могут внести свою лепту

также и в формирование нормативно-правовой базы по проектированию сервисных зоокомплексов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исследования всероссийского центра изучения общественного мнения (ВЦИОМ) // Официальный сайт. Режим доступа: https://aif.ru/society/people/vciom_u_73_rossiyskih_semej_est_domashnie_zhivotnye. Дата обращения 10.11.2023
2. *Пилюгин В.В.* Собака в XXI веке. 1000 ответов на вопросы собаководов //– М.: ООО «АКВАРИУМ БУК», – 2004. – 560 с.
3. Отель для кошек и собак // Официальный сайт. Режим доступа: <https://www.archdaily.com/931296/canino-e-felino-hotel-raulino-silva-arquitecto>. Дата обращения: 10.11.2023
4. Социально-правовые основы зооветеринарной деятельности в России: сборник нормативных актов и образцов документов / Сост. Кумков В.Т., Коробов А.В. – М.: Колос С, – 2003. – 455 с.
5. НТП-АПК 1.10.07.002–02. Нормы технологического проектирования ветеринарных объектов для городов и иных населенных пунктов // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200031375>. Дата обращения 13.11.2023
6. *Панкова Л.В.* Особенности стратегического планирования на предприятии гостиничного хозяйства. – СПб.: "Питер", – 2001. – 26 с.
7. Свод правил: СП 492.1325800.2020 Приюты для животных. Правила проектирования // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573763190>. Дата обращения 13.11.2023
8. Приют для животных // Официальный сайт. Режим доступа: <https://www.archifellows.com/projects/shelter>. Дата обращения 13.11.2023
9. Стандарт приютов для животных // Официальный сайт. Режим доступа: <https://www.archifellows.com/projects/standart-shelter>. Дата обращения 13.11.2023

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ, АРХИТЕКТУРНО И КОНСТРУКТИВНО УСТОЙЧИВЫХ К УСЛОВИЯМ ПОТЕНЦИАЛЬНО ЗАТОПЛЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Т.В. Пронина¹, Д.Г. Паламарчук²

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

²ООО ТИК-ПРОДЖЕКТ,

¹pronina_t@list.ru

²daniella1098@yandex.ru

Аннотация

Участившиеся в последние десятилетия серьёзные катаклизмы природного и техногенного происхождения, в основе которых лежат глобальные климатические изменения планетарного характера, приводят к многочисленным человеческим жертвам, значительным разрушениям и экономическим потерям. Наиболее распространёнными фатальными явлениями их этого ряда считаются наводнения. Многие территории, изначально определявшиеся как безопасные для заселения, на настоящий момент оказываются потенциально опасными из-за периодически случающихся подтоплений, когда традиционные средства защиты от наводнений оказываются не эффективными. В связи с этим настоятельной целью на ближайшее время становится разработка принципов формирования климатоустойчивой архитектуры вообще и для условий наводнений в частности, выявление приемлемых приёмов и средств проектирования и строительства такой архитектуры, что и является целью данного исследования. В результате комплексного изучения научных публикаций, нормативной и регламентирующей документации, анализа концептуальных и реализованных проектов, направленных на противостояние и на приспособление к климатическим изменениям в разных регионах мира, были разработаны основополагающие принципы формирования архитектурно-пространственных и конструктивных решений объектов, устойчивых и адаптированных к потенциально возможным условиям затопляемых территорий.

ВВЕДЕНИЕ

В России, как и во многих других регионах мира, климатические изменения в наибольшей мере выразились в эпизодических, но довольно участившихся наводнениях в последние десятилетия. Причем, особенность ситуации состоит в том, что происходит это не только на землях, издавна являющихся подтопляемыми, но и на территориях, до недавнего времени считавшихся довольно благополучными и безопасными для образования поселений, для проживания и ведения хозяйств. По отчётам МЧС России [1] и Росгидромета [2], начиная с 2007 года, количество опасных гидрометеорологических явлений фиксируется уже более четырёх сот ежегодно, против 150-200 в период 1990-2000 гг., а их внезапность, интенсивность и разрушительность возросли многократно. Экономический ущерб от наводнений последних лет составляет около 40 млрд. руб. ежегодно [1]. Имеются и человеческие жертвы.

Как показывают многочисленные аналитические и практические системные исследования [3, 4, 5], проблема выживания человечества в условиях многочисленных наводнений ставит задачу не бесполезного противостояния им, а эффективного приспособления, выявления в них благоприятных для человеческой жизнедеятельности факторов с возможностью их благоразумного использования. С точки зрения системного научного подхода в проектировании и строительстве это означает разработку новых градостроительных, архитектурных и инженерно-технических решений, комплексно [6] способных максимально сохранить строения и инфраструктуру поселений и обеспечить

выживаемость населения в течение необходимого времени на территориях, потенциально продолжительно затопляемых.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование основывается на анализе научной и рекомендательной литературы по защите от наводнений разными инженерно-техническими, конструктивными, градостроительными и архитектурными средствами, опирается на опыт современного проектирования архитектурных объектов, адаптирующихся к условиям экстремальных гидрологических явлений, вызванных чрезмерными дождями, цунами и/или разливами рек или техногенными катастрофами, связанными с авариями или диверсиями на водохранилищах и гидроэлектростанциях. Систематизация полученных данных позволила сформулировать основные принципы формирования рациональных архитектурно-пространственных решений климатоустойчивых зданий, в том числе и для массовой застройки, в условиях потенциально затопляемых или подтапливаемых территорий. Сформулированные принципы были апробированы при разработке концептуального проекта.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведённый анализ ряда архитектурных объектов показал, что их относительная сохранность и возможность дальнейшего функционирования в условиях систематических подтоплений, как правило, обеспечивались соблюдением определённых законов формообразования, конструктивных и инженерно-технических решений, изучение которых позволило сформулировать ряд основополагающих принципов проектирования зданий для подобных условий.

1. Принцип целесообразного формообразования архитектурных объектов.

Для эффективного восприятия зданиями давления наступающей на них воды, а также для усиления их защитных характеристик с точки зрения устойчивости, экономии строительных и энергетических ресурсов, следует считать максимально целесообразными следующие (рис. 1) формы зданий:



Рис. 1. Значение формы здания на восприятие воздействия воды при наводнениях.

- формы с клиновидными очертаниями плана для их работы по типу волнолома или волнореза под натиском стремительно прибывающей воды;
- дома на свайных опорах («цапли»), пропускающие сквозь нижние уровни воду и ветер, с «телом», расположенным на безопасном уровне;
- обтекаемые формы непосредственно затопляемых частей;
- сквозные укрупнённые проёмы в нижней части формы – для смягчения и выравнивания давления воды и ветра, в верхней части – для снижения эффекта парусности при порывах ветра в протяжённой многоуровневой форме;
- связующие «воздушные» мосты и поднятые переходы между разными объёмами здания, обеспечивающие ему дополнительную геометрическую устойчивость и пространственную жёсткость;
- ограждающие плоскости с заполнениями проёмов специальной, герметичной конструкции, прежде всего со стороны доминирующего направления движения воды и ветра.

2. Принцип конструктивной избирательности, актуальной для формирования архитектурных объектов заданных форм, устойчивых в условиях наводнений.

В целях наилучшей защиты от катастроф, связанных с погодными рецидивами, необходимо менять подходы к ставшим традиционными конструктивным системам и трансформировать их с учётом инновационных современных достижений, прошедших апробацию в экспериментальном строительстве. При этом надо понимать, что для зданий разной этажности следует применять и разные подходы (рис. 2).



Рис. 2. Основные типы конструктивных систем, обеспечивающих наилучшие условия для восприятия агрессивного воздействия прибывающей воды

Наиболее эффективными конструктивными устройствами для условий наводнений в *малоэтажном строительстве* [7] следует считать те, которые обеспечивают зданиям определённую плавучесть и возможность подниматься вместе с подъёмом уровня воды, что в первую очередь относится к фундаментам. К таким конструкциям относятся:

- сочетание статичных свайных и понтонных фундаментов;
- сочетание понтонных фундаментов с опорными телескопическими сваями;
- устройство герметичного, водонепроницаемого цокольного этажа по типу целостного понтонного блока;
- использование понтонных стеновых конструкций для нижнего этажа.

Все эти системы предполагают в верхних этажах максимально облегченные каркасные конструкции из металла типа ЛСТК или клеёного дерева с заполнением эффективными по тепло- и шумоизоляционным характеристикам стеновыми материалами, а в нижних этажах – предпочтительны монолитные конструкции на основе железобетон, металлов и пластиков, композитных материалов, обеспечивающих максимальную герметичность и возможность всплытия здания без его опрокидывания.

При строительстве *многоэтажных зданий* рационально применять такие конструктивные системы, которые обеспечивают зданиям наибольшую устойчивость и минимизируют контакт основных функциональных уровней с водой. К таким системам относятся:

- ствольные/ядерные системы с консольными или подвесными этажами, с максимально свободным проходом в нижнем уровне, потенциально подтопляемом, что наиболее целесообразно для домов с компактным планом;
- смешанные системы также с максимально свободным низом, сочетающие ствольные системы с мостовыми, вантовыми и каркасными – для протяжённых зданий;
- каркасно-ствольные системы с заполнением этажей объёмно-пространственными блоками или модулями, легко разбираемыми/заменяемыми по мере необходимости в случае утраты их эксплуатационных качеств во время затоплений.

Для данных систем актуально использование сталежелезобетонных строительных изделий, обеспечивающих большепролётные перекрытия. Также актуально использование прогрессивных, устойчивых к воде, строительных материалов непосредственно в уровне подтопления.

3. Принцип приоритетности вертикального функционального зонирования архитектурных объектов.

Необходимость вертикального зонирования наиболее очевидна в многоэтажных и высотных зданиях на потенциально подтопляемых территориях, которое следует производить в соответствии со степенью значимости конкретной функции в условиях выживаемости: чем значимее функция для выживания, тем выше должно располагаться обеспечивающее её пространство от предполагаемого уровня подтопления (рис. 3).



Рис. 3. Приоритетность расположения функциональных зон архитектурных объектов с точки зрения безопасности в условиях наводнений

При этом следует учитывать общий опыт и нормативные требования проектирования многофункциональных зданий [8], такие как:

- максимально рациональное заполнение свободного пространства этажей;
- подбор на этажах функций, бесконфликтных с точки зрения пожарной безопасности, то есть принадлежащих одному классу по противопожарной функциональной классификации;
- при необходимости совмещения на этаже принципиально разнохарактерных функций – соблюдение всех требований пожарной безопасности в отношении устройства противопожарных преград, тамбур-шлюзов, эвакуационных лестничных клеток, аварийных выходов, зон безопасности и т. д. в соответствии с типологией здания;
- вертикальное зонирование должно осуществляться, в том числе, и по степени требуемой приватности (жильё – на верхних этажах, на нижних этажах – общественные и рекреационные зоны),

Функциональное зонирование зданий по вертикали также предполагает:

- каскадное устройство инженерных систем и вертикальных связей по этажам (лифтов), автономно работающих независимо друг от друга в случае возникновения чрезвычайной ситуации на определённых уровнях;
- активное использование плоских крыш – для автономного инженерного оборудования с целью получения энергии от альтернативных природных источников, для размещения вертолётных площадок, зон безопасности, автопаркингов, вплоть до коттеджных построек (опыт Индонезии) на крышах крупных общественных зданий;
- устройство хранилищ плавучих средств в нижних этажах на случай затопления;
- устройство промежуточных выходов из лестничных клеток (по типу незадымляемой лестницы Н1) через балконы лоджии в нижних этажах в целях возможной высадки на плав. средства;
- предусмотренная проектом возможность организации зон оказания медицинской помощи для пострадавших в случае чрезвычайной ситуации;
- наличие горизонтальных связующих объёмов в мостовых конструкциях и/или на вантах для возможности перемещения между зданиями по верхним уровням застройки, когда в уровне земли это становится маловероятным;
- устройство накопительных цистерн для сбора и очистки дождевой воды в верхних и промежуточных этажах, а также для сбора прибывающей речной воды в зоне

фундаментов зданий с последующим использованием её в бытовых и технических целях, а также в качестве резерва технической воды при отступлении наводнения.

4. Принцип полной или частичной энергетической самообеспеченности архитектурных объектов (рис. 4).



Рис. 4. Применение автономных систем жизнеобеспечения на примере концептуального студенческого проекта рекреационного объекта (тур. базы) в зоне возможного паводкового разлива рек (автор – студентка МГСУ Паламарчук Д.)

В случае аварийного отключения централизованных средств энергии при чрезвычайных обстоятельствах особо актуальной становится возможность энергетической автономности жизнеобеспечения здания, для чего необходимо предусматривать следующее:

- аккумулятивные запасы энергии (электробатареи, запасы угля, мазута и т.п.),
- оборудование, использующее альтернативные источники энергии – такие как солнце, ветер, движущаяся вода;
- сбор и очистку пресной дождевой воды в резервуарах наземных технических этажей;
- вентиляционное оборудование с возможностью рециркуляции внутреннего тепла.

Инженерные системы, работающие от альтернативных источников энергии, кроме того, актуальны в целях использования «зелёных» технологий по выращиванию растительной пищи как в отдельно выделенных вертикальных блоках-фермах, связанных переходами с жилыми и общественными объектами, так и интегрированных непосредственно в структуру самих объектов – в виде теплиц и зимних садов на крышах и террасах, в промежуточных рекреационных этажах. Использование таких технологий позволит снизить зависимость населения от внешнего обеспечения продуктами, – особенно в экстремальных условиях водной изоляции или недостаточности свободных земель в условиях продолжительных наводнений.

5. Принцип обеспечения доступной среды архитектурных объектов – один из ведущих принципов организации универсальной среды проживания и жизнедеятельности людей, актуален также и для чрезвычайных ситуаций, в том числе и в условиях наводнений. Однако в данных условиях общепринятые приёмы и средства организации доступной среды для маломобильных граждан не всегда эффективны и целесообразны. Так, в традиционных, естественных условиях, организацию входных групп в дома в современной практике проектирования принято выполнять в непосредственной близости к земле для беспрепятственного доступа в здание инвалидов-колясочников. В условиях повторяющихся наводнений понижение отметки пола нижнего этажа и входных групп чревато их затоплением и постоянным переувлажнением. В этих условиях актуальность устройства в зданиях традиционно высокого цоколя возрастает многократно, снижая возможности беспрепятственного доступа инвалидов в здания. Ситуация усугубляется в

«приподнятых» на свайных конструкциях зданиях. Также становится актуальна и организация беспрепятственного доступа инвалидов к защитным и неподтопляемым элементам благоустройства – насыпям, мосткам, понтонным террасам.

Так или иначе, на подтопляемых территориях не возможно избежать устройства пандусов, вертикальных подъёмников и других средств мобильности для передвижения инвалидов по разным уровням. Творческая задача архитекторов – гармонично вписать в архитектурную среду подобные утилитарные элементы и сделать их не только эстетически приемлемыми, но и композиционно обоснованными и привлекательными.

ВЫВОДЫ

Современное человечество в настоящее время стоит перед необходимостью активно приспосабливаться к климатическим изменениям и связанным с ними катаклизмам природного и техногенного характера. Архитектура, как неотъемлемая часть формируемой человечеством среды, призвана пространственно обеспечить не только условия достойного выживания, но и средства комфортной адаптации к новым реалиям.

В проведённом исследовании впервые сформулированы основные принципы и разработаны наиболее важные рекомендации по формированию архитектурно-пространственных решений климатоустойчивых зданий в условиях потенциально затопляемых территорий, что имеет, несомненно, большое практическое значение для освоения таких территорий, для разработки заданий на проектирование жилых и общественных зданий в специфических природных условиях. Данное исследование должно получить своё продолжение и развитие в дальнейшем изучении климатоустойчивой архитектуры, а также может быть использовано в качестве теоретической базы в составлении научных и учебных программ, связанных с «зелёными» технологиями в проектировании и строительстве поселений и городов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2022 году». – М.: МЧС, - 2023, 117 с.
2. Доклад об особенностях климата на территории российской федерации за 2022 год. – М.: Росгидромет, – 2023, 108 с.
3. *Козлов А. А., Михайлова А. О.* Социально-экологический потенциал объектов проектирования на воде // Сетевой электронный научный журнал «Меридиан». 2019. Вып. 15(33). Режим доступа: <http://meridian-journal.ru/site/article?id=2202>. Дата обращения: 10.12.23.
4. *Сапрыкина Н.А.* Формирование эко-устойчивой среды обитания будущего: Теория. Практика. Перспективы. – Германия, Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, – 2017, 232 с.
5. *Баринов А.В.* Чрезвычайные ситуации природного характера и защита от них: Учебное пособие. – М.: ВЛАДОС-ПРЕСС, – 2003, 496 с.
6. *Михайлов А.А., Соломин В.П.* Чрезвычайные ситуации природного, техногенного и социального характера и защита от них: Учебное пособие. – С-Пб: Питер Пресс, – 2008, 234 с.
7. *Паламарчук Д.Г., Пронина Т.В.* Устойчивая архитектура в экстремальных условиях затопляемых территорий // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования – 2022: Сборник докладов Третьей Национальной научной конференции (г. Москва, МГСУ, 19 декабря 2022 г.) Секция 3. Градостроительство. Архитектура. С. 489—496
8. СП 160.1325800.2014 Здания и комплексы многофункциональные. Правила проектирования // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200113272>. Дата обращения: 10.12.23.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТОВ ДЕТСКИХ ДОМОВ СЕМЕЙНОГО ТИПА ДЛЯ УСЛОВИЙ СИРИИ

Л.В. Анисимова¹, А. Акеел²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹AnisimovaLV@mgsu.ru

²ayaakeel95@gmail.com

Аннотация

В статье проведен анализ последних тенденций в архитектурном проектировании детских домов семейного типа. В проектах детских домов в Акабе (Иордания), Таджуре (Джибути) и примере преобразования арабского дома в детский дом в Алеппо (Сирия) выявлено, что основные тенденции развития детских домов ориентированы на воссоздание семейной атмосферы жилого дома, структура которого формируется под влиянием взаимодействия традиционной культуры и архитектурных традиций народа. В планировке дома создаются условия приватности жизни в виде отдельных спален, частных и общественных пространств, которые способствуют социализации и уединению. Особое внимание уделяется проектированию учебных помещений для приобретения профессиональных и бытовых навыков сирот. Стилиевые особенности архитектуры необходимо формировать на основе культурных и религиозных особенностей, используя элементы традиционной арабской архитектуры.

Ключевые слова: детские приюты, арабские дома, SOS детская деревня, детские дома, архитектура, планирование пространства, социализация, образовательные ресурсы, психологические потребности, культурная адаптация, исламская архитектура, традиционные жилые дома.

ВВЕДЕНИЕ

Тема детских домов семейного типа имеет большую актуальность для Сирии и других стран, которые сталкиваются с последствиями военных конфликтов и потоками беженцев. Детские дома семейного типа представляют собой специальные учреждения, где дети, потерявшие своих родителей или оказавшиеся в трудной жизненной ситуации, могут получить не только кров и пищу, но и воспитание, образование и заботу приемных родителей.

Типовые детские дома являются пространством, где сироты живут в детском возрасте до 18 лет по групповому типу. Несколько сменных воспитателей работают с закрепленными группами детей. Приготовление питания, бытовые вопросы решаются за воспитанников отдельными подразделениями детского дома. Выходя из детского дома, многие из воспитанников сталкиваются с проблемами в адаптации к новой жизни и не готовы к решению самых простых бытовых проблем. Воспитание в детском доме отличается от воспитания в семье коренным образом. В семье ребенок оказывается членом разновозрастного коллектива, который участвует как в решении бытовых проблем, так и наделяется ответственностью по уходу за младшими членами семьи. Именно в семье ребенок получает навыки по налаживанию социальных контактов между людьми разных возрастов. Только в семейной атмосфере он сможет освоить профессию будущего и научиться брать ответственность на себя.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе исследования было выявлено, что в Сирийской Республике типовые детские дома имеют достаточно плохое состояние зданий, связанное с продолжающимся конфликтом. Один из детских домов в Алеппо «Исламский благотворительный комплекс для сирот» был полностью разрушен. Оставшиеся два находятся не в очень хорошем состоянии. Здания

переполнены, что затрудняет обеспечение комфортных условий для детей и ограничивает возможности для игр, обучения и развития. Другим немаловажным минусом сиротских приютов в Алеппо является то, что в детских домах в Сирии наблюдается недостаточная приватность в размещении детей, отсутствие личного пространства: дети одного пола всегда живут вместе в одном помещении. В Сирии дети, потерявшие родителей из-за войны и других бедствий, а также бедные семьи, скрывающие свою нужду, нуждаются в детских приютах и социальной поддержке. Статистика: после землетрясения в феврале 2023 года по всей стране погибло около 6000 человек и более 12 000 получили ранения. Около 90 процентов семей в стране живут в бедности, в то время как более 50 процентов испытывают нехватку продовольствия. По оценкам, более 600 000 детей в возрасте до пяти лет страдают задержкой роста в результате хронического недоедания, что подвергает их риску необратимого физического и психологического ущерба для здоровья [1].

Архитектура детских домов в последнее десятилетие претерпевает ряд преобразований, связанных с изменением в потребности и осознание людьми того, что типовые детские дома создают ряд новых проблем вместо того, чтобы помочь детям. Однако детские дома семейного типа, такие как SOS-деревни, являются альтернативой традиционным институциональным детским домам. Они представляют собой специально созданные поселения, где дети-сироты живут в семейной обстановке под опекой заботливого взрослого, называемого SOS-мамой. В каждом доме проживает небольшая группа детей, которые живут вместе, как настоящая семья. Это позволяет детям получить индивидуальное внимание, заботу и поддержку, а также развивать навыки социализации и адаптации в обществе. SOS-деревни стремятся создать стабильную и любящую среду, где дети могут расти и развиваться в безопасности и счастье.

Цель данного исследования является анализ архитектурно-планировочных приемов формирования современных домов семейного типа (деревня SOS) для сирот в Сирии на основе традиций, характерных для Алеппо.

Первую детскую деревню SOS в 1949 году в г. Имсте (Австрия) основал Герман Гмайнер с целью помочь детям, оставшимся без дома и семьи из-за второй мировой войны. Он получил поддержку от различных благотворительных организаций и коллег. Дома в деревне SOS созданы для небольших групп. Педагогическая концепция такого проживания в отдельных домах для малых разновозрастных групп детей предполагает имитацию жизни в семье с приемными родителями. Здесь дети получают психологическую, медицинскую и образовательную поддержку. Архитектура домов для проживания детей-сирот воспроизводит архитектуру традиционного жилого дома. Однако существуют и некоторые отличия. Пространства для проживания детей должны поддерживать психологическое благополучие. Это подразумевает создание специальных комнат для терапии и консультирования, частных пространств для отдыха и размышлений, а также учет потребности ребёнка в конфиденциальности и в личном пространстве. Кроме того, важным фактором архитектурной среды дома семейного типа является создание стимулирующей среды. Сюда относятся игровые комнаты, комнаты для учебы и библиотеки. На территории деревни SOS необходимо создавать небольшие открытые участки, где дети могли бы выращивать плодовые и овощные культуры, приобщаясь к идее интеграции с природной средой. В архитектурном контексте это использование местных строительных традиций и элементов дизайна, способных создавать аутентичную и привлекательную среду для детей.

Первые детские деревни SOS в Сирии были основаны в 1975 году. Детская деревня Кудсая SOS на юге Сирии работает более 40 лет. Она продолжает обеспечивать безопасное проживание для нуждающихся детей в соответствии с принципом долгосрочного ухода за детьми. Традиции организации быта человека на Востоке имеют глубокие корни, в том числе национального и религиозного значения. Детские дома в Сирии начали появляться в церквах и мечетях, медресе, а когда потребность в большем количестве мест и число студентов увеличилась, люди приспособили свои дома и дворцы для сирот. Поэтому было приятно заметить, насколько гениально и адаптивно спроектированы арабские дома.

Организация проживания имеет огромное значение в арабской архитектуре. В Сирии мы наблюдаем смешение архитектурных стилей. Страна этнически неоднородна. Строительство домов всегда учитывало особенности климата и ландшафта. По теме детских приютов отмечалось удивительное величие оформления исламских мечетей и медресе, строгость византийских церквей, загадочность арабских домов, их строения и внутренняя система чётко регламентированы традициями арабского общества, культурными и религиозными особенностями [2].

В связи с тем, что город Алеппо в Сирии принял три массовых волны армянских беженцев и десятки тысяч армянских сирот, которых приходилось размещать в арабских домах и дворцах, традиции формирования домов для сирот базировались на традициях арабского дома. На основе архивных материалов выявлено, что часть армянских сирот жили в доме Дар аль-Вакиля в Алеппо. Здание представляет собой не одну конструктивную единицу, а несколько конструктивных секций. Дом датируется шестнадцатым веком, и в течении времени его функция менялась много раз, превратившись в детский приют. Двухуровневый айван Дар аль-Вакиля служил местом сбора всех жильцов дома. Справа и слева от него расположены жилые комнаты. В середине дома внутренний двор с фонтаном прямоугольной формы и две симметричные лестницы, расположенные симметрично друг напротив друга и ведущие на второй уровень дома. На втором этаже приватные спальня комнаты. Общая часть дома сосредоточена вокруг главного зала Каа (большой зал), который разделен на три зала. На первом этаже (на востоке) есть комнаты, которые использовали в качестве учебных аудиторий. Кухня расположена в западном крыле рядом с северо-западным углом. Прямоугольные жилые комнаты служили в качестве учебных классов. Дети размещались отдельно девочки от мальчиков (рис.1)

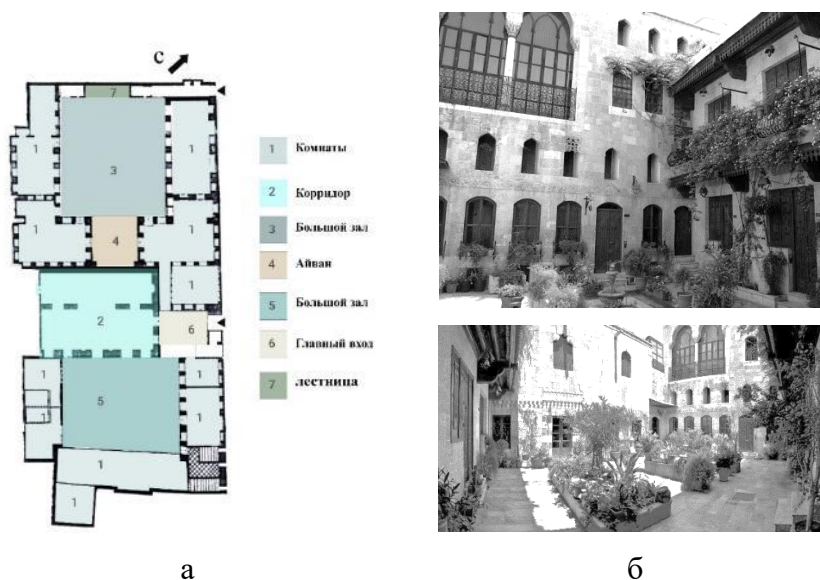


Рис. 1 Дар аль-Вакиля а-план со схемой функционального зонирования, б-виды из двора дома

Кроме того, что дети получали кров и пищу в приюте их обучали не только грамоте, но и ремеслу. Каждый ребенок получил профессию, с которой он мог существовать во взрослой жизни. Таким образом, можно сделать вывод, что традиционный арабский дом большого размера подходит для проживания детей сирот по принципу семейной организации быта. В доме имеются пространства для хозяйственной деятельности, для учебы, для получения профессиональных навыков, а также приватные пространства для сна детей и место общего сбора семьи [3].

Примером детской деревни для сирот, где реализованы принципы учета аутентичных особенностей архитектуры служит «Таджура SOS» детская деревня в Таджуре, Джибути. Деревня расположена на Африканском Роге, который страдает от постоянных засух и серьёзного дефицита ресурсов. Размер территории заставляет 2600 м². Комплекс состоит из 15 домов традиционной африканской архитектуры. Эти дома дали детям шанс на нормальное детство в любящей семье [4] (рис.2).



Рис.2 SOS детская деревня в Таджуре, Джибути а-спальная комната, б-игровая площадка, в-кухня, г-столовая, д-внутренний двор, е-общий двор между квартирами

В каждой квартире, построенной из цементных блоков, проживают от шести до семи детей и приёмная мать. Дизайн имитирует традиционную планировку узких улиц; ветряные башни и решётки обеспечивают естественную тень и вентиляцию. Поскольку местные афары традиционно были кочевниками-скотоводами и жили на широких открытых пространствах, таких как пустыня, песочный цвет, выбранный для стен и проёмов между различными помещениями, отражает этот образ жизни (двери есть только в спальнях). Кочевнические традиции в экстремальном климате региона были сохранены. Были использованы образцы традиционного жилья в схожих культурных и климатических условиях. Место для игр детей это безопасная среда без машин. Узкие улочки и площади становятся местами, где дети могут себя чувствовать в безопасности. Комплекс представляет собой место, с множеством открытых пространств. Общественные и частные пространства чётко разделены. С точки зрения организации пространства все дома следуют одной и той же схеме, но расположены по-разному, близко друг к другу, создавая тень друг от друга и образуя переулки между собой в явном беспорядке. В этом примере также можно проследить принцип организации пространства детского дома на основе традиций аутентичного семейного жилья (рис.3).

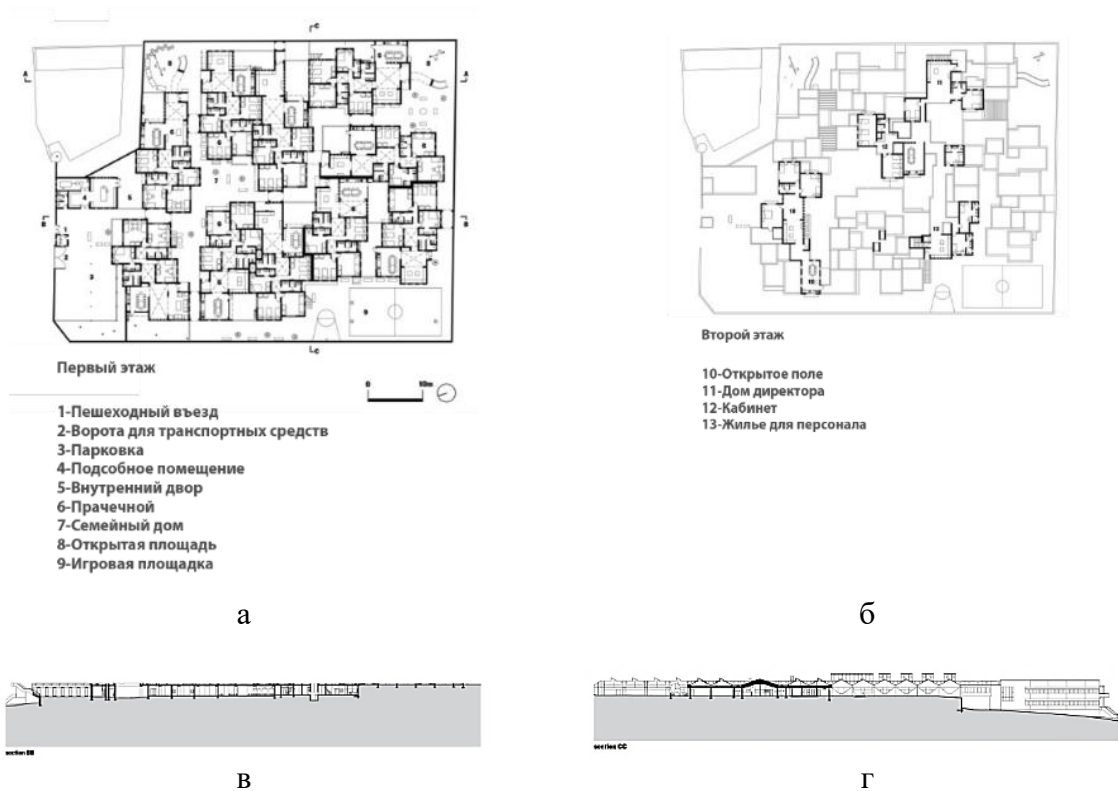


Рис.3 SOS детская деревня в Таджуре, Джибути, а- план первого этажа, б-план второго этажа, в-разрез вв, г-разреза сс жилых домов в комплексе, демонстрирующая плотность застройки для обеспечения тени

Такой принцип организации жизни позволяет ребенку чувствовать себя членом большой семьи, которая занята общими бытовыми и хозяйственными вопросами, быть включенными в решение общих проблем и одновременно иметь свое личное приватное пространство. Традиции народа передаются ребенку через образы места, привычки, атмосферу, уклад жизни. Вырастая в таких условиях, ребенок получает прививку своей национальной и культурной идентичности.

Пример детского дома в Акабе (Иордания), также демонстрирует принцип организации семейного типа проживания (рис.4).

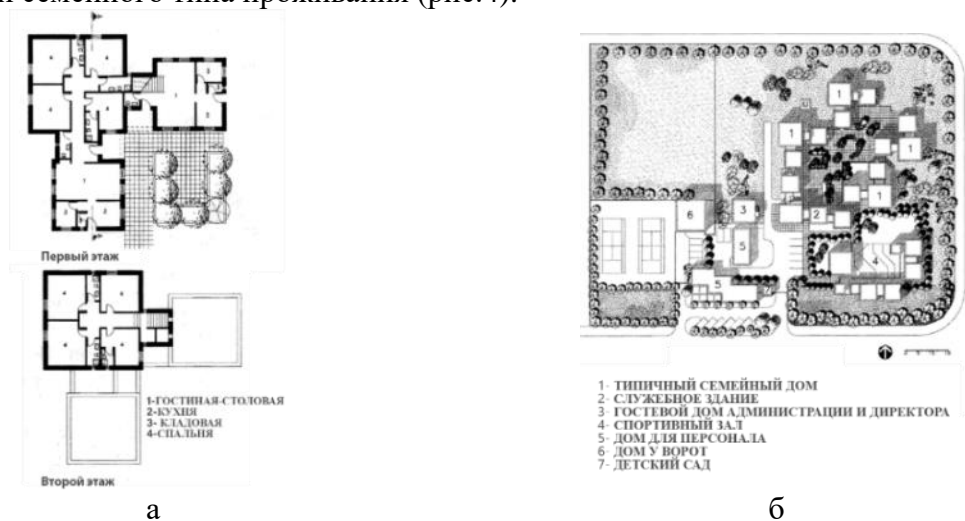


Рис.4 SOS детская деревня в Акабе, в Иордании а-план первого и второго этажа жилых детских домов в SOS детской деревне в Акабе в Иордании.

Семейный детский дом представляет собой комплекс из нескольких двухэтажных построек, включающий в себя девять жилых домов, детский сад, административное здание, жилые помещения для сотрудников, спортивный зал и служебный блок. Здания расположены таким образом, чтобы создавать уютные внутренние дворы. Традиционные для Иордании открытые дворы являются объединяющим пространством для социальных контактов и общения детей и взрослых.

Дети, проживающие в деревнях SOS, переезжают в молодежный дом в возрасте 14 лет, где они проживают до завершения образования или профессиональной подготовки. После этого они начинают полунезависимый период своей жизни, получая ограниченную поддержку и надзор от молодежного лидера. Детские деревни SOS сотрудничают с местными сообществами, государственными органами и другими организациями, чтобы помочь уязвимым семьям обеспечить благополучие своих детей. Эта помощь включает материальную, образовательную, медицинскую, юридическую и психосоциальную поддержку, а также предоставление семьям навыков и знаний, необходимых для самостоятельной жизни [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таким образом, традиционные исторические жилые дома были идеальным местом для проживания сирот в формате детского дома семейного типа. В них имелись в достаточном количестве отдельные спальни, зеленый двор с деревьями, фонтан и вода во внутреннем дворе комнаты, расположенные на первом этаже для общения и социальных контактов и на втором этаже дома более приватные для уединения. В традиционном жилище происходило разделение сирот по полу. В таком месте как айван, внутренний двор и открытые террасы у них была возможность собираться всей семьей с другими воспитанниками всех возрастов. Двор и библиотека служили местом для общения и учебы. Спальные комнаты расположенные на втором этаже дома, позволяют создать необходимую тишину. В то же время основная активность происходит на первом этаже. Кроме того, деревня состоит не только из жилых домов и квартир, но и школ и других социальных объектов для семей. На территории деревни должны быть места для подростков и молодежи, а также психологические центры.

ВЫВОД

Детские дома должны обеспечивать комфортные жилые условия, включая просторные и светлые помещения, хорошую вентиляцию и отопление, а также удобные спальные места и пространства общего пользования, предоставлять пространства для социализации и образования. Сюда можно включить игровые комнаты, классы, библиотеки и другие образовательные ресурсы, которые помогут детям развиваться и обучаться. Детские дома должны быть спроектированы с учетом психологических потребностей детей. Это подразумевает создание специальных пространств для терапии и консультирования, а также обеспечение приватности и конфиденциальности для детей. Также необходимо учитывать устойчивость материалов и экологические аспекты, что включает использование энергоэффективных технологий, утилизацию отходов и использование экологически чистых материалов. В Сирии актуально создание ещё нескольких подобных деревень, потому что уже существующие деревни организованы только в безопасных местах, но потребность в них остаётся высокой, потому что эти центры удовлетворяют потребности относительно небольшого числа детей. Каждая деревня может вместить не более 250 человек. В Сирии подобную деревню следует спроектировать в местах, доступных каждому и совместимых с проектами арабских домов, которые всегда отличались возможностью функциональной и пространственной адаптации к окружающей среде, в соответствии с потребностями, населения и эпохой. Эти деревни будут иметь дизайн отражающий различные религии и культуры. Дома в них должны отражать культуру исламской архитектуры и способ строительства. Для прототипов могут быть использованы

традиционные жилые дома Алеппо, имеющие следующие архитектурно-планировочные элементы такие как внутренний двор и машрабия, зеленые зоны и фонтаны в центре каждого дома, а также разделение на зоны харамлик и саламлик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Children's statistics // SOS Children's villages URL: <https://www.sos-usa.org/our-impact/focus-areas/advocacy-movement-building/childrens-statistics> (дата обращения: 15.12.2023).
2. Абасс Хуба., ФАКТОРЫ, ПОВЛИЯВШИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ ТРАДИЦИОННОГО ЖИЛОГО ДОМА АРАБСКОГО И ОСМАНСКОГО ПЕРИОДА (С VII в. ПО НАЧАЛО XX в.) // Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. - 2016. - №7. - С. 66-69.
3. *Jean-Claude David, Marie-Odile Rousset.* La qa'a de la maison Wakil à Alep : origine d'un nouveau modèle d'espace domestique. International Symposium of the Museum für Islamische Kunst -. - 12 изд. - Berlin, Allemagne. : Staatliche Museen zu Berlin., 14. April 2002, 2002. - pp.55-69. с.
4. SOS Children's Village In Djibouti / Urko Sanchez Architects // Archdaily URL: <https://www.archdaily.com/773319/sos-childrens-village-in-djibouti-urko-sanchez-architects> (дата обращения: 15.12.2023).
5. *Anahita Khanbabaei* DESIGNING ORPHANAGE WITH THE APPROACH OF CREATING SENSE OF BELONGING TO THE ENVIRONMENT // The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication. - 20.06.2016. - №1. - С. 1357-1367.

МЕТОДИКА АНАЛИЗА И ФОРМИРОВАНИЯ НАДЗЕМНОГО БОЛЬШЕПРОЛЕТНОГО ЗДАНИЯ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

А.В. Кувшинов¹, Т.Р. Забалуева²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹alex.kuvshinov2017@uandex.ru

²trzabalueva@yandex.ru

Аннотация

Существующие методы реновации и развития градостроительной и архитектурной среды не анализируют потенциал больших территорий транспортной инфраструктуры для их вторичного надземного использования.

Территорий под новое строительство становится все меньше. Существенную часть современного мегаполиса занимают автомобильные развязки и территории железнодорожных путей. Предлагается анализ территории транспортной инфраструктуры на предмет ее вторичного использования. Выбрана территория Восточного вокзала города Москвы, которую пересекает автомобильная развязка с тоннелем и тремя наземными уровнями. Выявлены 15 определяющих факторов, определяющих городскую среду. Территория рассматривается с учетом принятых решений перспективного развития.

Предложено надземное большепролетное здание с новым городским пространством суммарной поэтажной площадью более 31 га. Вновь сформированный многоэтажный объем по площади превышает сохраняемую инфраструктуру в 4.4 раза.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в больших городах и мегаполисах России происходит интенсивное обновление застройки. Обновление или же полная замена элементов городской среды происходит по естественным причинам: износ старой застройки, утрата, перенос или расширение существующих функций. Также, увеличивается площадь транспортной инфраструктуры, из-за чего остается меньше пространства для нового строительства. [1]

Для реализации этих задач используются программы Реновации и Комплексного развития территорий, которые в широком плане оценивают существующую ситуацию: с архитектурной, градостроительной, транспортной и экономической сторон. [2;3]

Все эти мероприятия рассчитаны на наземное и подземное (в основном транспортная функция) развитие города. Однако город располагает территориями для потенциального использования надземного пространства с сохранением существующей наземной инфраструктуры. Такими могут быть надземные большепролетные здания, способные накрывать большие территории, создавая новые пространства для использования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для разработки проектов подобного типа и масштаба существующих методик и программ развития недостаточно. Предлагается дополнить существующую методику для анализа потенциала неэффективно используемых территорий и формирования НБЗ. Из всей типологии городских территорий для этой задачи больше подходят обширные участки следующей транспортной инфраструктуры:

- Железнодорожные пути, территории подъездных путей вокзалов [4, 5, 6];
- Территории плоскостных и многоуровневых автомобильных развязок, приагистральные территории. [7]

Элементы городской среды со временем устаревают, становятся неэффективными [8]. В результате они обновляются или полностью заменяются. Таким изменениям подвержены как точечные, так и линейные объекты. По степени и скорости изменения городскую среду условно можно разделить на 2 группы:

- С низкой интенсивностью изменений (каркас города);
- С высокой интенсивностью изменений (ткань города). [9]

К территориям с низкой интенсивностью изменений как раз относится транспортная инфраструктура, так как она изначально формируется как устойчивый каркас города.

Для анализа выбран участок Восточного вокзала в Москве и его окружающая территория. Все элементы исследуемой городской среды разделены на 3 группы:

1. Застройка, включающая все капитальные строения;
2. Территории и земельные участки;
3. Градостроительные ограничения и инженерная инфраструктура.

Анализ застройки по следующим параметрам:

- Определение высотности (Рис. 1);
- Возраста (Рис. 2);
- Объектов культурного наследия (Рис. 3);
- Выявление проектной перспективной застройки (Рис. 4).
- Выявление сносимой и строящейся застройки.

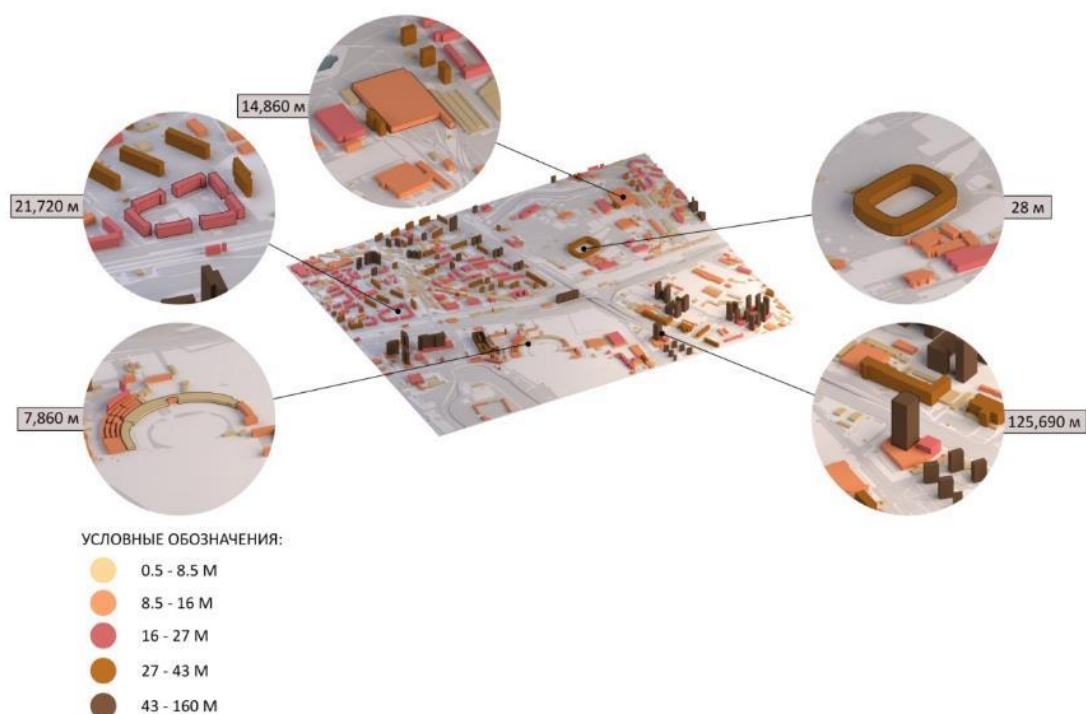


Рис. 1. Высотность застройки

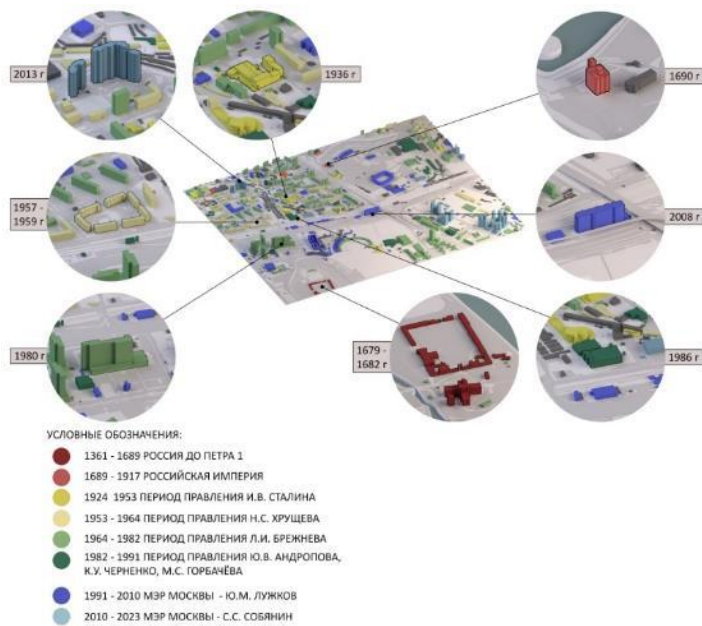


Рис. 2. Возраст застройки

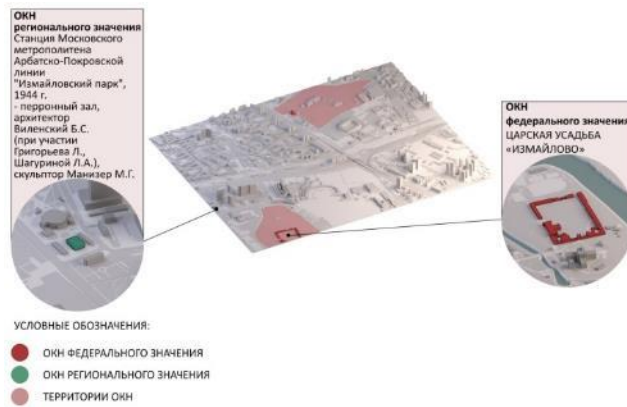


Рис. 3. Объекты культурного наследия

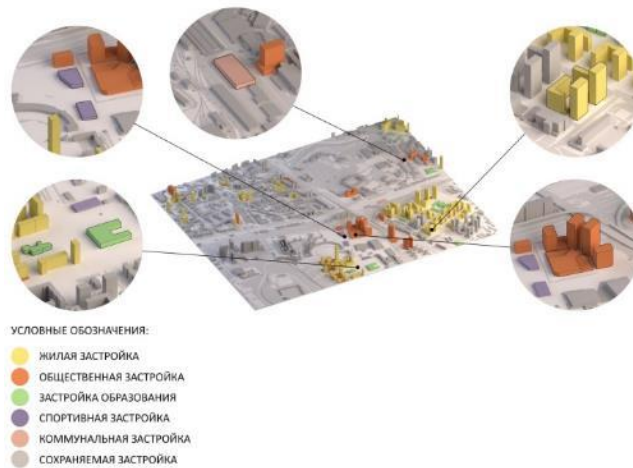


Рис. 4. Перспективное развитие, проектируемая застройка

Анализ территорий и земельных участков включает:

- Функциональное зонирование территорий и участков (Рис. 5);
- Определение Парковых комплексов (ПК) и Особо охраняемых природных территорий (ООПТ);
- Определение зон охраняемого культурного слоя;
- Определение зон существующей улично-дорожной сети;
- Определение территорий объектов социальной инфраструктуры;
- Рельеф рассматриваемой территории.



Рис. 5. Функциональное зонирование территорий и участков

Третья группа исследования включает анализ:

- Санитарно-защитных зон установленных (Рис. 6), расчетных и ориентировочных;
- Технической зоны метрополитена (Рис. 7);
- Технических зон подземных инженерных коммуникаций;
- Технические зоны наземных высоковольтных линий электропередачи. (Рис. 8)

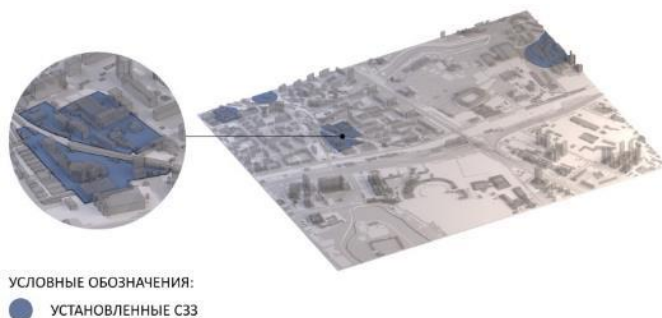


Рис. 6. Санитарно-защитные зоны установленные

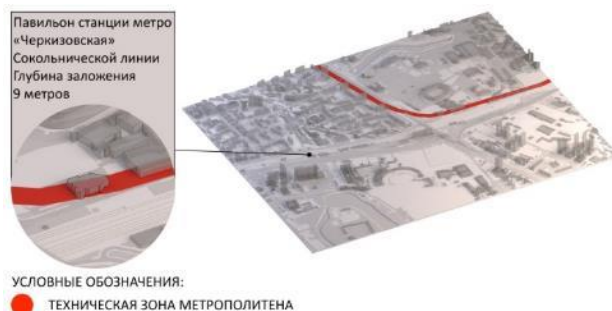


Рис. 7. Техническая зона метрополитена

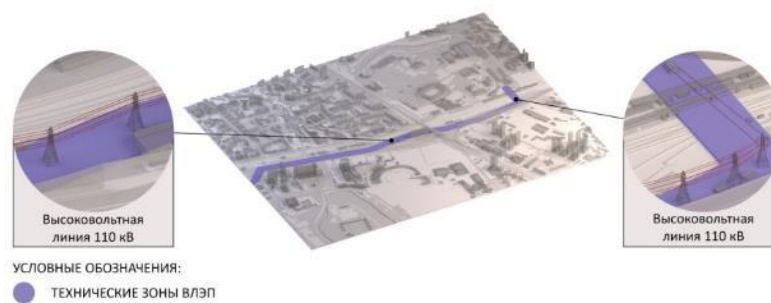


Рис. 8. Технические зоны высоковольтных линий электропередачи

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Из всех типов НБЗ для формирования надземного городского пространства подходит Здание-платформа, способное покрывать большие площади, сохраняя возможность их беспрепятственного использования.

Конструктивная система типового элемента здания-платформы имеет размеры 20/10 метров, что обеспечивает функционирование и возможную модернизацию железнодорожных путей. А также, возможность проложить техническую зону каблирования между опорами здания-платформы вместо существующих наземных вышек ЛЭП. [10; 11]

Таким образом, на основе полной картины можно формировать новый объем НБЗ с учетом существующей ситуации и перспективного развития территории (Рис. 9) , накрывающий территорию железнодорожных путей и автомобильную развязку (Рис. 10), и учитывая все ограничения или предлагая мероприятия для изменения или сноса. (Рис. 11)

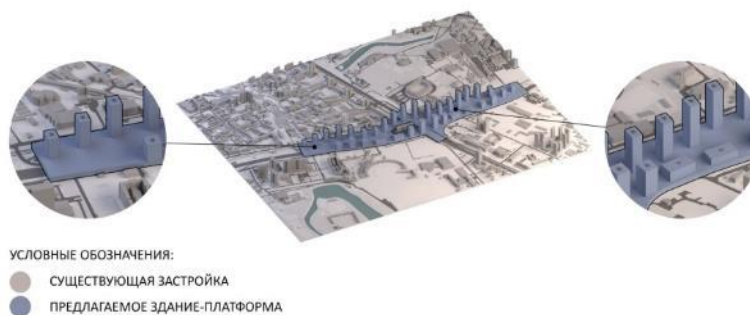


Рис 9 Эскизное предложение в рамках существующего положения

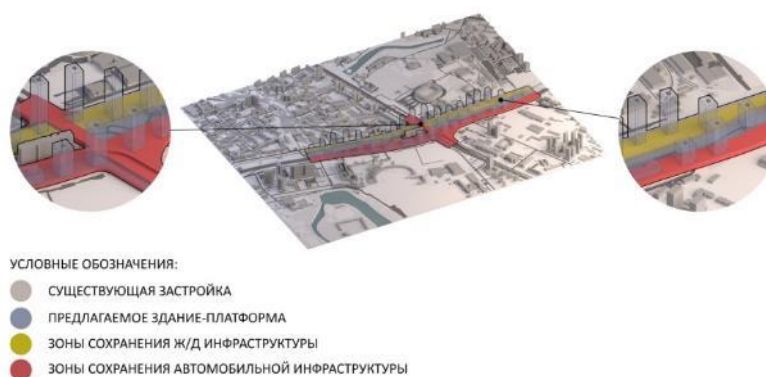


Рис. 10. Зоны сохранения существующей транспортной инфраструктуры

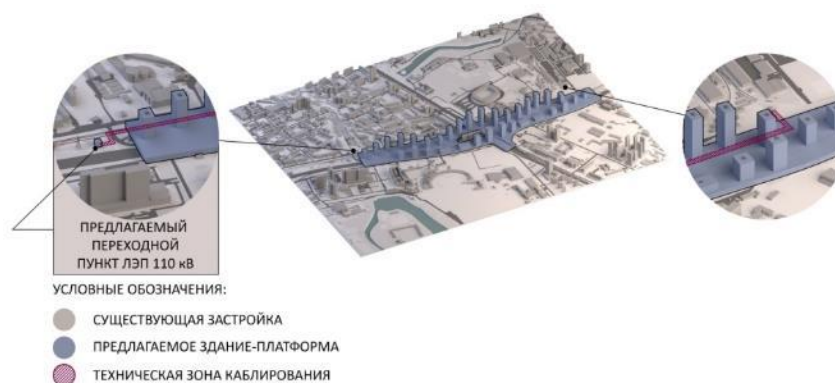


Рис. 11. Инженерные мероприятия по каблированию высоковольтной линии 110 кВ

Здание-платформа сформировано как доминирующий архитектурный и градостроительный элемент, вписывающийся в будущую архитектурную среду местности. Крупномасштабная архитектурная форма требует вертикального членения в виде застройки на верхнем уровне для формирования единой объемно-пространственной композиции. Дальнейшее проектирование на прилегающих территориях будет основываться на стилистике и композиционных приемах здания-платформы.

В результате анализа сформированы технико-экономические показатели нового объема:

- Суммарная поэтажная площадь в габаритах наружных стен (СПП) здания-платформы: 1138679 м², состоящая из:
 - Тело здания-платформы (доступное для использования): 374679 м²;
 - Застройка на верхнем уровне (башни): 764000 м²;
- СПП зон сохранения транспортной инфраструктуры:
 - Железнодорожная инфраструктура: 96230 м²;
 - Автодорожная инфраструктура: 160346 м²;
- Новое городское пространство (верхний уровень): 313166 м²
- Пятно застройки здания-платформы: 364805 м²
- Плотность застройки участка: 25, 76 тыс. кв. м./га

В результате исследования можно сделать следующие выводы:

1. В результате проведенного анализа сформирована методика рассмотрения территорий под проектирование и строительство нового типа зданий – зданий-платформ - на основе перечня критериев, обеспечивающих возможную эффективность использования этих территорий;
2. Предлагаемый объем здания-платформы разделен на 3 вертикальных уровня:
 - Нижний уровень. Накрываемая часть транспортной инфраструктуры, которая продолжит свое функционирование;
 - Средний уровень. Объем стилобата (тело здания-платформы), доступный для использования;
 - Верхний уровень. Представляет собой новое пространство городской среды и застройку на ней;
3. Сформированы технико-экономические показатели нового объема, позволяющие оценить его экономический и функциональный потенциал на примере прилегающих территорий Восточного вокзала Москвы;
4. Рекомендуются существующие программы и методы развития и обновления города дополнить новой типологией зданий таких, как здания-платформы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дороги // stroi.mos.ru URL: <https://stroj.mos.ru/road> (дата обращения: 27.11.2023).
2. Программа реновации в Москве // fr.mos.ru URL: <https://fr.mos.ru/o-programme/> (дата обращения: 11.11.2023).
3. Московская программа комплексного развития территорий бывших промышленных зон // iquarters.ru URL: <https://iquarters.ru/#about> (дата обращения: 11.11.2023).
4. Бикташев А.И., Краснобаев И.В. Проблематика прирельсовых территорий городов и подходы к их архитектурному преобразованию // Известия КГАСУ. - 2018. - №2. - С. 117-128.
5. Смолякова И.В. Использование потенциального ресурса прирельсовых территорий при формировании индивидуального архитектурного облика крупного города (на примере города Новосибирска) // Вестник ТГАСУ. - 2014. - №5. - С. 54-62.
6. Маленовская Е.И., Забалуева Т.Р. Архитектурно-исторические резервы для развития города Москвы на прирельсовых территориях // Инновации и инвестиции. - 2021. - №4. - С. 268-271.
7. Забалуева Т.Р., Кувшинов А.В. Анализ автомобильных развязок города Москвы для вторичного использования территорий с помощью зданий-платформ // Сборник докладов III Международной научно-практической конференции. - М.: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (Москва), 2021. - С. 182-185.
8. Вавилонская Т. В. Архитектурно-историческая среда самарского Поволжья: формирование, состояние, концепция устойчивого развития: дис. д-р. арх. наук: 05.23.20. - Самара, 2017. - 890 с.
9. Гутнов А.Э. Эволюция градостроительства. - 1-е изд. - М.: Стройиздат, 1984. - 256 с.
10. Кочешкова Е.И. Архитектурно-планировочные решения надземных большепролетных зданий: дис. канд. арх. наук: 05.23.21. - М., 2013. - 209 с.
11. Харьковская К.В., Забалуева Т.Р. Новые "этажи" городов: надземные большепролетные здания-платформы // Промышленное и гражданское строительство. - 2017. - №3. - С. 29-33.

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ – СИМВОЛ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТУРКМЕНИСТАНА

Я. Мыратбердиев¹, М.Э. Аманов², А.Ш. Шохрадова³

^{1,2}*Туркменский государственный архитектурно-строительный институт,*

³*Международный университет гуманитарных наук и развития,*

¹*Myratberdiyewyagmyr@sanly.tm*

²*djelaletdin@gmail.com*

³*shohradovaainura@gmail.com*

Аннотация

Превратить страну Туркменистан в крупный международный центр экономической, политической, культурной жизни спорта и туризма - такая задача выдвигается в стратегии комплексного развития страны. В новом мегапроекте "Ашхабад-сити", имеется метод дистанционной эксплуатации оборудования "умной" квартиры, в частности, автоматизированного управления, регулирования водоснабжения и газоснабжения, а также различных систем "умного" города, в том числе подачи информации об электронном автотранспорте.

ВВЕДЕНИЕ

Стабильный рост национальной экономики и поступательного развития её ключевых отраслей: одна из них – строительная сфера, к которой отводится определяющая роль в реализации масштабных программ социально-экономического развития, успешно осуществляемых под руководством Президента Туркменистана под глубоко символическим девизом «Государство – для человека!». С появлением различных новых способов рационального использования проекты градостроительной программы в Туркменистане появляется необходимость масштабное строительство объектов промышленного и социального назначения также экологической безопасности [1].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Реализации городской и национально-сельской программы, призванной обеспечить высокие стандарты жизни людей, оптимальные условия для их созидательного труда, комфортного быта и отдыха. Разработка собственной модели перехода на цифровую систему, основанной на научно-технологическом и интеллектуальном потенциале. Использование передового зарубежного опыта и новейшего достижения в области архитектурно-композиционных и технических решений, также, на основе курса прогресса и благополучия, превратилась в стабильно развивающееся государство. Масштабные преобразования, под девизом «Родина является Родиной только с народом! Государство является государством только с народом!» уверенно движется к новым высотам прогресса, в новом направлении в архитектуре и градостроительстве.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В Туркменистане осуществляются масштабное строительство объектов промышленного и социального назначения. В велятах, городах и этрапах сданы в эксплуатацию жилые дома площадью около 1 миллиона 400 тысяч квадратных метров, на плановой основе возводятся детские сады, школы, промышленные и другие сооружения. Особое значение придаётся реализации Национальной сельской программы, призванной обеспечить высокие стандарты жизни людей, оптимальные условия для их созидательного труда, комфортного быта и отдыха [1-2].

Основным развернутым ориентиром в стране масштабной градостроительной программы определили активное внедрение новых технологии, передовых достижений научно-технического прогресса и лучшего мирового опыта в данной области.

В соответствии с задачами, обозначенными в этом документе, во всех уголках Отчизны строятся новые сёла, что стало характерной приметой нашего времени. Это – своего рода показатель ответственного отношения к современному обустройству жизни на селе, где создаётся необходимая инфраструктура, ни в чём не уступающая городской.

В жилищном строительстве, которое подразумевает возведение в каждом массиве и квартале детских садов, школ, спортивных и игровых площадок, магазинов, наличие сервисно-бытовой сети, автомобильные парковки, зелёных зон и многого другого. Все дорожно-транспортной сети, позволившей оптимизировать автомобильные потоки и сократить время поездок из одного пункта в другой, избежать заторов на дорогах, а, следовательно, и улучшить чистоту воздуха [3-4].

Сегодня не только в Ашхабаде, но и в самых отдалённых уголках страны за короткие сроки строятся грандиозные по масштабам архитектурные ансамбли, офисные здания, комфортабельные жилые дома, различные объекты социальной инфраструктуры, а также оснащённые крупные предприятия, ориентированные на производство конкурентоспособной высококачественной продукции.

Возводимые сооружения органично сочетают в себе исконно национальные традиции зодчества и последние тенденции мирового градостроительства, свидетельствуя о том, что отечественная строительная отрасль идёт в ногу со временем, беря на вооружение передовой опыт и учитывая требования современности.

Преемственность и последовательность, решимость и новаторство, всемерная забота благополучия народа, каждого гражданина - таковы главные отличительные черты осуществляемых реформаторских процессов, идущих сейчас в стране.

Сегодня в мире как никогда осознаётся значение вопросов экологии, без решения которых невозможно достичь устойчивого развития. Вокруг столицы сформировался «зелёный» пояс, благотворно влияющий на экологию и комфорт городской среды. Экологические акции - достойное продолжение добрых традиций по бережному отношению к природе и занимает значимое место в ряду мероприятий [4, 6].

Развитие строительной индустрии предопределило характерный для эры Возрождения новой эпохи могущественного государства размах осуществляемых проектов.

Открытие новых значимых объектов стало доброй традицией, красноречиво свидетельствующей о крепнущей экономической мощи Отчизны, о её социальном прогрессе, что отражается и в развёрнутом масштабе во всех уголках страны строительства.

Реализация мега проекта запланирована в два этапа. В рамках завершившейся первой очереди застройки возведено 336 объектов социального и иного назначения, к строительству которых были привлечены частные фирмы – члены Союза промышленников и предпринимателей Туркменистана.

В стране, строительство стало одним из быстроразвивающихся сегментов предпринимательской деятельности. Активно участвуя в претворении в жизнь комплексных преобразовательных программ, представители отечественных деловых кругов вносят весомый вклад в укрепление экономической мощи Отчизны.

Следует отметить, что в стране имеется достаточно опыта строительства «умных» городов. Как известно, при строительстве нового, города Аркадаг активно внедряются инновационные технологии, передовые достижения современности, набирается большой опыт строительства смарт сити - умного города. Глава государства подчеркивает, что важное значение следует придавать вопросам применения инновационных технологий при строительстве Ашхабад-сити, используемых в строительстве города Аркадаг. Уникальный город, по праву признанный эталоном инновационного градостроительства, является конгломератом современных технологий и нестандартных архитектурных решений, представляющих собой синтез лучших традиций национального зодчества и последних мировых тенденций в этой области [6-7].

Город Аркадаг, при строительстве которого использовались передовые информационные и коммуникационные технологии, был удостоен более двадцати сертификатов и дипломов от ряда международных организаций и известных зарубежных компаний.

Подготовка проектов застройки города нового типа активно привлекалась молодёжь. Интересные архитектурные решения «смарт-сити»: разработка его цифровой платформы стали своеобразной школой практического применения теоретических знаний, способностей, новаторских идей и предложений для студентов и профессорско-преподавательского состава отечественных профильных высших учебных заведений.

Изучая передовой мировой опыт, Туркменистан поставил своей главной целью не только импорт готовых инноваций, но и разработку собственной модели перехода на цифровую систему, основанной на научно-технологическом и интеллектуальном потенциале.

Сегодняшний Ашхабад восхищает сочетанием парадного великолепия и уюта, элегантного архитектурного стиля и живописного ландшафтного дизайна. Новым декоративным скульптурам, установленным в центре трех транспортных развязок.

Первый в Туркменистане «умный» город Аркадаг был включён в проект «Развитие устойчивых, зелёных, климатически благоприятных городов с инновационными решениями в регионе ОБСЕ», что является подтверждением международного признания той большой работы, проводимой нашей страной в данном направлении.

При строительстве многочисленных объектов этого современного полиса стало использование экологически чистых материалов, которые создают благоприятные условия для жизни горожан.

Вопросы благоустройства и развития страны, коренной реконструкции и расширения системы транспортных коммуникаций, озеленения и обустройства парков и скверов, а также применения достижений науки и передовых разработок в целях создания комфортной жизненной среды народа, всегда стоят в повестке дня и находится под пристальным контролем главы государства.

Все здания и сооружения, многоэтажные комфортабельные жилые дома, общественные, образовательные, медицинские, спортивные и культурные объекты и инженерные системы, возведены в соответствии с мировыми стандартами строительства и отвечают всем требованиям сейсмостойкости и надёжности.

По мнению футурологов, дизайн будущего — это гуманистическое решение, дизайн, удобный и ориентированный на жизнь человека. Поэтому особое значение придаётся строительству комфортного, просторного и современного жилья для туркменских семей.

Необходимо отметить, что важность качественного стекла при строительстве городов, когда у вас в окне установлено обычное стекло, оно пропускает солнечный жар, и требуется усиленное кондиционирование, что не является энергоэкономным, а также это не очень комфортно.

Туркменистан минимизирует выбросы от промышленных производств. Чтобы интегрировать солнечные батареи в будущие проекты, необходимо строить солнечные парки и размещать батареи на крышах. Другой аспект – создание промышленности для производства фотоэлементов.

Реализации комплексной градостроительной политики, последовательно претворяемой в жизнь под руководством Президента Туркменистана во имя счастливой и благополучной жизни нашего народа, является и Международная универсальная выставка «Белый город Ашхабад», традиционно приуроченная ко Дню города.

Каждый год на выставке принимает участие, большое количество зарубежных компаний, что в свою очередь является наиболее эффективной площадкой для диалога, обмена опытом в практическом использовании новейших инновационных разработок и технологий.

Устойчивое развитие - это удовлетворение потребностей людей и повышение качества их жизни путем минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Экологическая устойчивость - это ответственное взаимодействие с планетой для сохранения природных ресурсов и предотвращения угрозы способности, будущих поколений удовлетворять свои потребности [6, 7].

В настоящее время при решении вопроса повышения качества жизни, здоровая окружающая среда, становится более приоритетной путем улучшения социально-экономических и экологических условий для нынешнего и будущих поколений. Варианты реализации приоритетных программ в контексте экологической устойчивости с помощью дизайнерских решений имеют множество примеров из мирового и отечественного опыта проектирования, несмотря на новизну этого подхода.

Экологическое развитие, эффективное использование информации, обеспечение качества услуг и высокого уровня жизни являются ключевыми чертами «умного города». Цифровые технологии, внедряемые в городах, направлены на повышение уровня жизни населения. В этом проекте изначально предусмотрены новые подходы такие как, интегрирование электромобилей и автомобилей на водороде в цифровую систему города, прямая сдача мусора мусоросборниками на перерабатывающий завод, автоматическая смена электронных номерных знаков по потоку автомобилей.

По оценкам ООН, к 2050 году 70 процентов населения мира будет жить в городах. Эти показатели подтверждают, что урбанизация находится на подъеме. Поэтому ООН призывает к программированию развития городов. Туркменистан при поддержке Организации Объединенных Наций реализует Концепцию устойчивых городов, в которой основное внимание уделяется модернизации жилищно-коммунального хозяйства.

Для эры Возрождения новой эпохи могущественного государства характерна масштабность проектов – возводятся величественные небоскрёбы, поднимаются новые городские районы и крупные населённые пункты, строятся протяжённые – в тысячи километров – автобаны и стальные магистрали, формируется транспортная система международного значения.

В данной связи сектор производства стройматериалов на базе местного сырья, рассматриваемый в качестве одного из ключевых факторов укрепления экономического потенциала страны и её регионов, наряду с капитальным и жилищным строительством получает существенную государственную поддержку.

Развёрнутое по всей стране масштабное строительство в рамках реализации комплексных социально-экономических программ обусловило всевозрастающий спрос на качественные стройматериалы, дав толчок ускоренному развитию сферы их производства на основе местного сырья.

Активно ведутся геологические изыскания в целях выявления новых месторождений полезных ископаемых. Именно они в дальнейшем послужат исходным материалом для новых отечественных производств по выпуску широкого ассортимента отвечающей международным стандартам качества продукции, широко востребованной в нашей стране и за рубежом.

Акцентируя внимание на важности бесперебойного обеспечения новостроек строительными материалами, глава государства постоянно указывает на необходимость ускорения работ по широкому освоению местных сырьевых ресурсов, которыми богата туркменская земля, созданию мощной промышленности и производству импортозамещающей продукции.

Сегодня успешно решаются задачи по модернизации строительной отрасли, созданию новых предприятий, изготавливающих стройматериалы, увеличению объёмов выпуска импортозамещающей продукции, внедрению в производство инновационных технологий.

Масштабные проекты включают в себя передовой опыт и новые методы, отвечающие сложившимся требованиям современного градостроительства, направленные на развитие страны и столицы в ближайшие десятилетия. Значительные средства выделяются на

прокладку систем связи, водо, газо и энергоснабжения, строительство очистных сооружений и современных автодорог. Всё большее значение придаётся объектам, возведение которых требует особых инженерно-технических решений и применения новейших технологий, в том числе автобанов, мостов, эстакад, подземных переходов и многоуровневых развязок на важнейших магистралях страны.

В стране осуществляется масштабная работа по развитию дорожного строительства, созданию новых международных транспортных коридоров, увеличению объёмов грузовых и пассажирских перевозок. Благодаря предпринимаемым мерам модернизируется дорожно-транспортная инфраструктура, на основе передовых технологий строятся новые автомагистрали и мосты. В целях повышения эффективности проводимых в этом направлении работ и дальнейшего совершенствования сферы автодорожного строительства, было создано Государственное агентство по управлению строительством автомобильных дорог. Реализуемые сегодня масштабные проекты по строительству новых и реконструкции уже существующих автотрасс напрямую способствуют формированию современной транспортно-логистической системы и укреплению позиции нашей страны в качестве ключевого транспортно-транзитного коридора на континенте.

В результате коренных преобразований наша беломраморная столица всё увереннее утверждается в статусе одного из красивейших и комфортных для проживания городов мира. Развитие Ашхабада, совершенствование его инфраструктуры с расчётом на долгосрочную перспективу выступает в числе ключевых векторов новаторской градостроительной политики, проводимой главой Туркменистана.

ВЫВОДЫ

Последовательно претворяя в жизнь грандиозные преобразования в самых различных сферах, суверенный Туркменистан сохраняет устойчивую динамику социально-экономического роста, служа достойным примером для всех государств планеты. Относительно архитектурно-художественного облика столицы намечаются различные пути поиска самобытного национального стиля. Практика творческой активности туркменских зодчих последние десятилетия даёт основание считать, что с ростом профессионального мастерства архитекторов в городе появятся много красивых самобытных зданий и цветущих тенистых садов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. “Garaşsyzlyk bagtymyz” // *A. Türkmen döwlet neşirýat gullugy*. 2021. -418 s.
2. *Мередов М.* “Binagärlik taslamasynyň gurnalşy we dolandyrylyşy” // *A., Türkmen döwlet neşirýat gullugy*. 2022.-328 s.
3. *Попов Е. В., Семячков К. А., Беднягина Н. А., Попова С. Ф., Поспелова А. В.* Типология проектов формирования умных городов // *Муниципалитет: экономика и управление*. 2020. № 1 (30). С. 65-82.
4. *Акимова О. Е., Волков С. К., Кузлаева И. М.* Концепция «умный устойчивый город»: система показателей для оценки уровня региональной устойчивости и адаптивности регионального развития // *Регионал. экономика: теория и практика*. 2020. Т. 18. Вып. 12. С. 2354-2390. DOI: 10.24891/re.18.12.2354.
5. *Попов Е. В., Семячков К. А.* Оптимизация процессов цифровизации городской среды // *Проблемы развития территории*. 2019. № 5 (103). С. 53-63. DOI: 10.15838/ptd.2019.5.103.3.
6. *Журавлева И. А.* «Умные города»: ожидания и страхи горожан // *Социология*. 2019. № 1. С. 124-129.
7. *Myratberdiýew Ý.* Ýer gurluşygynda geodeziýa işleri // *Aşgabat.*, 2013. С 159-168.

СИСТЕМА РАССЕЛЕНИЯ В ОСТРОВЕ СОКОТРА

Е.В. Щербина¹, Али Биалал Абдулкави Номан²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*scherbinaev@mgsu.ru*

²*alibilal2070@gmail.com*

Аннотация

Проанализирована система расселения в острове сокотра. Определены главные города, тип системы расселения и в каких местах большинство населения расположены в острове сокотра. Определена роль системы расселения в индустрии туризма расселения (Аравийское море в Индийском океане).

Предмет исследования – система расселения в острове сокотра в Йеменской республике.

Объект исследования – остров с преобладающей системообразующей функцией – туризм.

ВВЕДЕНИЕ

Острова Сокотра примыкают к Африканскому Рогу, находясь между Аравийским морем и западной частью Индийского океана. Сокотра является домом для исключительно большого количества видов, которые не встречаются больше нигде в мире, также известных как эндемики. Элементы уникальной культуры Сокотры, вероятно, насчитывают несколько тысячелетий.

Система расселения на острове Сокотра играет важную роль в создании устойчивого и благополучного сообщества, а также способствует развитию инфраструктуры и экономики острова. Она включает различные аспекты, такие как планирование и управление населением, распределение земли. Эта система также играет важную роль в сохранении уникальной природы и культурного наследия Сокотры.

В настоящее время задача развития туризма стоит перед Йеменом [1], в частности на островах архипелага Сокотра в Аравийском море, что обосновывает актуальность исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование рассматривало научно-технические материалы, находящиеся в открытом доступе, данные географических исследований, и картографический материал Автокад. В работе использовался системный и градостроительный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Система расселения островов играет важную роль в индустрии туризма. Острова являются одними из наиболее привлекательных туристических мест на планете благодаря своей уникальной природе, экзотическим пейзажам и разнообразным возможностям для активного отдыха, поэтому для выявления особенностей развития индустрии туризма и градостроительного развития острова Сокотра выполнен анализ системы расселения в острове Сокотра (Рис. 1).

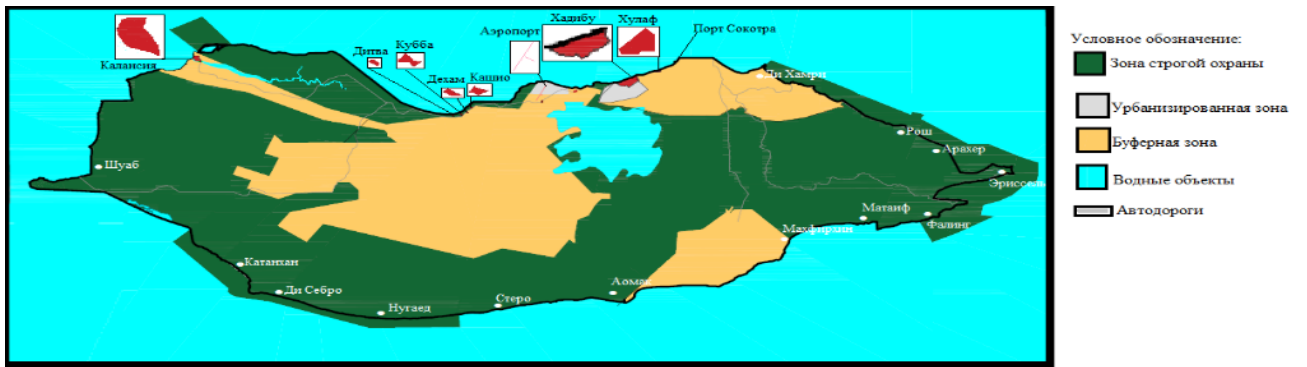


Рис. 1- Схема системы расселения в острове Сокотра

Центральный город в острове Сокотра является городом Хадибу (Рис. 2), Хадибу также считается столицей и административным центром всего архипелага Сокотра, в городе Хабибу по статистике 2004 года живут 34011 человек [2].

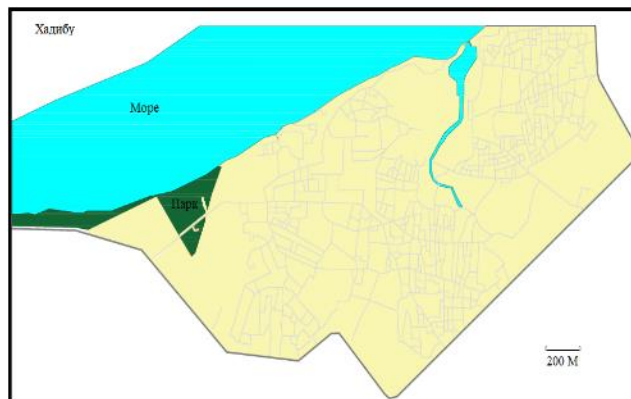


Рис. 2- город Хадибу

Второй город по населению считается город Калансия (Рис. 3) в нем живут 4741 человек[2].

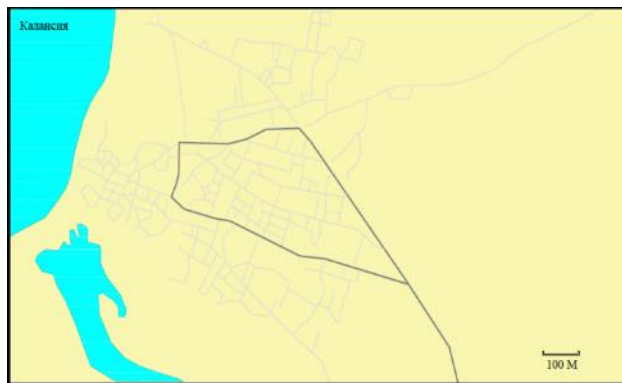


Рис. 3- Город Калансия

В острове также есть малые население пункты как и Дехам, Дитва, Кашио, Кубба и Хулаф. Численность населения на этих наследных пунктах не известен, так как жители этих наследных пунктов на долгие годы страдали от государственной маргинализации.

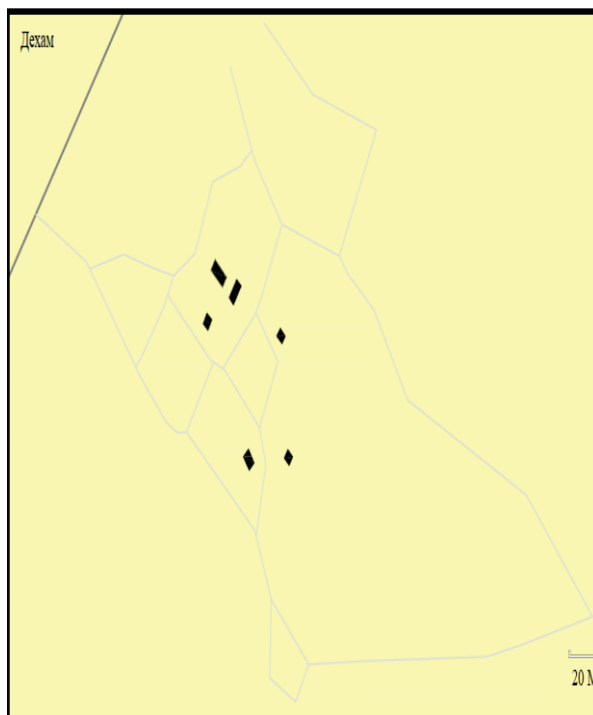


Рис. 4- Населеный пункт Дехам

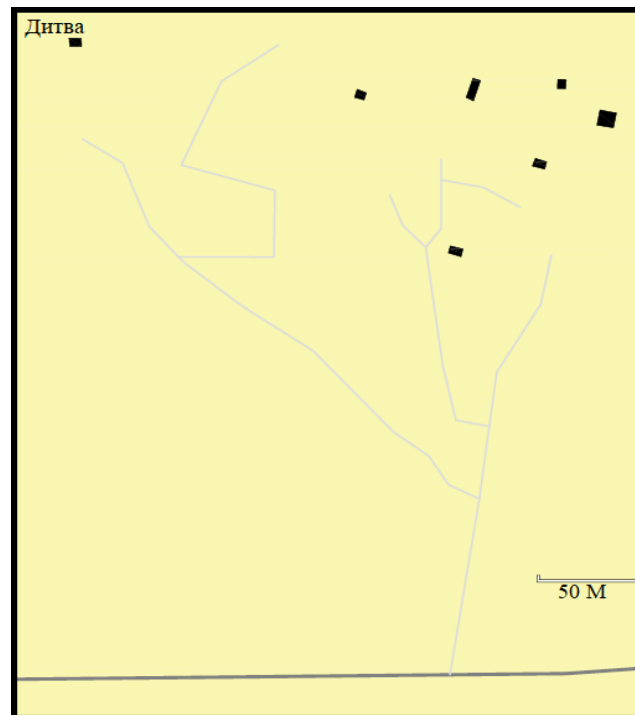


Рис. 5- Населеный пункт Дитва

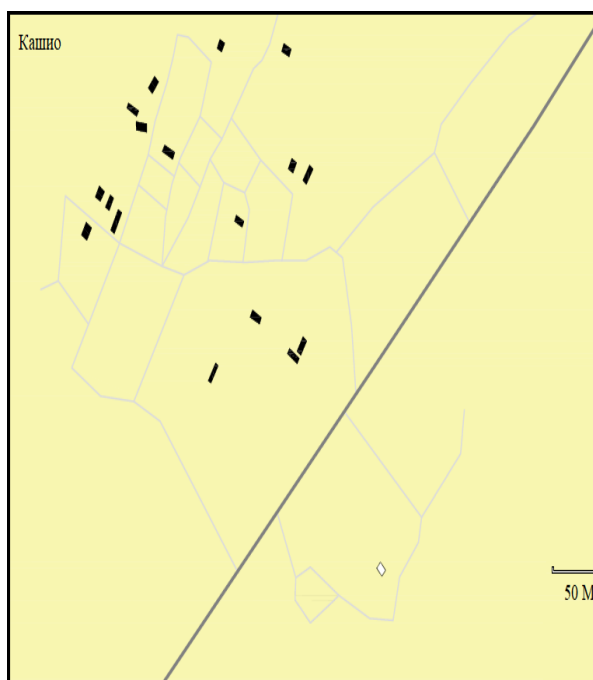


Рис. 6- Населеный пункт Кашио

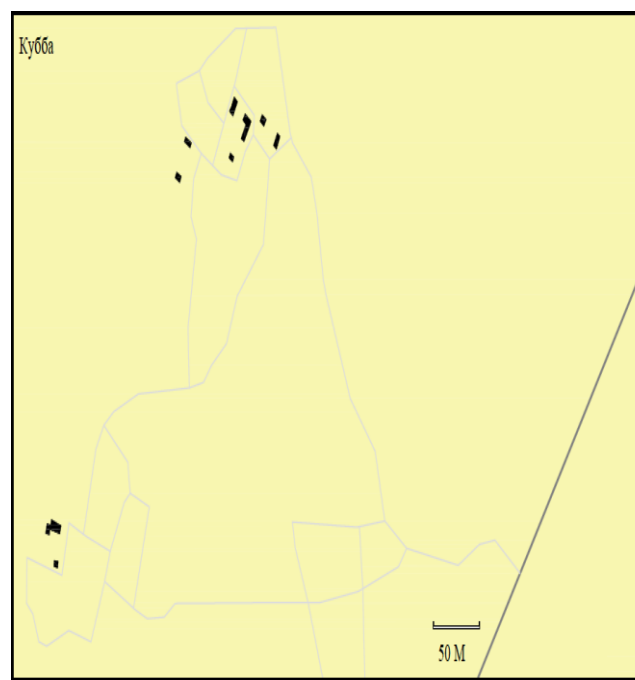


Рис. 7- Населеный пункт Кубба

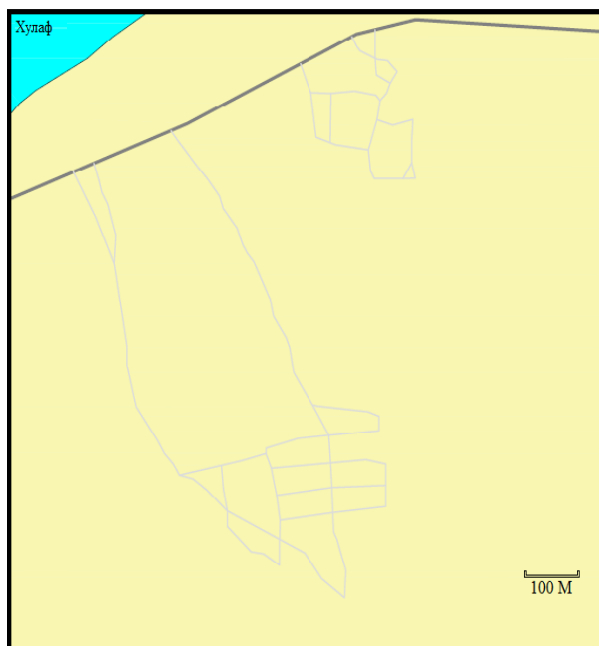


Рис. 8- Населенный пункт Хулаф

Следует отметить, что большая часть населения проживает в небольших сельских поселениях, известных как "хутора". Эти хутора являются традиционными сельскими общинами, в которых жители занимаются земледелием, скотоводством и рыболовством. Они живут в гармонии с природой, используя традиционные методы и принципы устойчивого развития.

Хутора на Сокотре представляют собой небольшие поселения, состоящие из нескольких домов, обычно находящихся рядом друг с другом. Жители хуторов живут в тесном контакте друг с другом, что способствует укреплению семейных связей и общественного духа. Они обычно занимаются земледелием, выращивая фрукты, овощи и сельскохозяйственные культуры на маленьких участках земли.

Жизнь в хуторах на Сокотре в значительной степени зависит от природных ресурсов острова. Они используют традиционные методы и инструменты для обработки земли и выпаса скота. Местные жители также уважительно относятся к своему окружению и сохраняют традиции и обычаи своих предков.

Остров Сокотра привлекает туристов своей уникальной экологией, и хутора на острове предлагают возможность познакомиться с местной культурой и образом жизни. Туристы могут посещать хутора, где увидят традиционные занятия местных жителей, попробуют национальные блюда и рукоделие, а также насладиться великолепными видами окружающей природы.

Хутора на острове Сокотра - это живописные и уникальные места, где местные жители сохраняют свою традиционную культуру и образ жизни. Это прекрасная возможность познакомиться с уникальной природой острова и обогатиться неповторимым опытом общения с местными жителями.

Все города, население пункты и хутора в острове Сокотра были отмечены в (табл.1).

Табл. 1 – Населённые пункты в острове Сокотра.

Наименование населённых пунктов	Численность населения	
Хулаф	Неизвестно	196195 м ²
Хадибу	34011	2728 км ²
Кашио	Неизвестно	158559.2 м ²
Дехам	Неизвестно	73520.3 м ²
Кубба	Неизвестно	161941.79 м ²
Дитва	Неизвестно	47741.59 м ²
Калансия	4741	1.3 км ²
Хутора		
Эриссель	Неизвестно	Неизвестно
Фалинг	Неизвестно	Неизвестно
Матаиф	Неизвестно	Неизвестно
Махфирхин	Неизвестно	Неизвестно
Аомак	Неизвестно	Неизвестно
Стеро	Неизвестно	Неизвестно
Нугаед	Неизвестно	Неизвестно
Ди Себро	Неизвестно	Неизвестно
Катанхан	Неизвестно	Неизвестно
Шуаб	Неизвестно	Неизвестно
Ди Хамри	Неизвестно	Неизвестно
Рош	Неизвестно	Неизвестно
Арахер	Неизвестно	Неизвестно

В острове Сокотра отсутствует общественного транспорта, но в острове есть международный аэропорт (аэропорт Сокотра), аэропорт Сокотра находится в 19 км от центра города, и принимает внутренне и международные рейсы, на данный момент в основном принимает рейсы из Объединённых Арабских Эмиратов, и большинство зарубежных туристов, которые приезжают в остров они приезжают на эти рейсы, по не официальной статистике в 2022 году в остров приезжали больше одного миллиона туристов [3].

Этнографическая структура показывает, в какой степени население традиционно восходит к одному и тому же происхождению и насколько оно однородно с точки зрения языка, а также в какой степени оно совместимо и ассоциируется с одной религией и одной доктриной, раса, язык и религия являются наиболее чувствительными элементами в любой стране и в любом обществе. территория, независимо от того, мала эта территория или велика, и для жителей Сокотры в целом характерна отсутствие этнической дисгармонии, поскольку исследования показывают, что они происходят от жителей хаамири и йеменцев, перемещенных из Махры и Африки, и хотя волны португальцев и римлян следовали на этот остров до них с целью его оккупации, а также недавно прибывших англичан в 1954 году,

но это само по себе не означало кристаллизации отдельных групп населения со своим собственным характером. Это ясно указывает на то, что остров Сокотра, большинство населения которого имеет исключительно йеменское происхождение, что придает этой территории элемент геополитической мощи в дополнение к остальным вышеупомянутым элементам.

Происхождение жителей острова Сокотра восходит к Махре бин Хайдану, как указано в книге язык арабов Аль-Хамдани[4], и есть несколько кланов, происхождение которых восходит к Хадрамауту и султанату Оман.

Жители острова зависят от своих семей и родственников-эмигрантов, так же как некоторые жители пустыни Сокотра зависят от выпаса домашнего скота, верблюдов, коров и овец, а жители побережий Сокотры зависят от рыбной ловли.

ВЫВОДЫ

Система расселения играет ключевую роль в развитии индустрии туризма на острове Сокотра. Она обеспечивает создание необходимой инфраструктуры и условий для устойчивого развития туристического сектора и способствует сохранению уникальной природы и культурного наследия острова. Также система расселения в острове Сокотра позволит сохранить идентичность жителей острова, и внедрить новые виды туризма, как познавательный туризм. По такому виду туризма туристы смогут отдыхать у коренных жители острова, заниматься интересными делами, как и доение коров.

Одним из примеров эффективной системы расселения на острове Сокотра является создание специализированных туристических зон или курортов. Эти зоны могут быть разработаны с учетом особенностей острова, его природных достопримечательностей, пляжей, горных маршрутов и культурных объектов. Такие зоны позволят туристам полностью погрузиться в уникальные возможности, которые предлагает Сокотра.

Важно отметить, что при развитии индустрии туризма в систему расселения должны быть включены и социально экономически слабые слои населения, чтобы обеспечить справедливость и устойчивость развития. Это может быть реализовано через создание рабочих мест, программы поддержки и развитие местных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. YEMEN MONITOR., дата обращения: 05 Ноября 2023 г., из <https://www.yemenmonitor.com/Details/ArtMID/908/ArticleID/7275>
2. Национальный центр информации., дата обращения: 07 Ноября 2023 г.,: <https://yemen-nic.info/sectors/popul/>
3. Журнал 24., дата обращения: 05 Ноября 2023 г., из <https://m.sa24.co/show14767779>.
4. Аль-Хамдани., книга Лисан аль-Араб (Язык арабов). Каир (1290).

Секция 4. Экологическая безопасность в строительстве и городском хозяйстве

ЗЕЛЕННЫЕ КРЫШИ КАК ЭЛЕМЕНТ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ДОЖДЕВЫЕ СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Ю.А. Иванюшин¹, П.А. Шаршнева²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», 625000, Уральский федеральный округ, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38,

¹ivanjushinja@tyuiu.ru,

²polina.sharsh@gmail.com.

Аннотация

В данной статье рассматриваются различные типы «зеленых» крыш, а также влияние возведения таких крыш на здание и человека. Цель данной работы – установить преимущества и недостатки «зеленых» крыш и оценить их эффективность в удержании осадков. По итогам анализа отечественных и зарубежных результатов исследований установлены социальные и практические преимущества предмета исследования, а также экономическая целесообразность строительства «зеленых» крыш. Так же выполнено численное сравнение количеств и расходов поверхностных стоков, отводимых с традиционной, «зеленой» и комбинированной крыши. Установлено, что отводимые среднегодовые объемы, а также расчетные расходы дождевой воды с «зеленых» крыш в несколько раз ниже, чем для традиционных конструкций.

ВВЕДЕНИЕ

Крыша – важный элемент (верхняя ограждающая конструкция) любого здания, как гражданского, так и промышленного назначения. От её типа и конфигурации, особенностей эксплуатации зависят архитектурные и конструктивные решения объекта, мероприятия по благоустройству, принципы организации инженерных сетей отведения поверхностного стока.

В последнее время набирают популярность «зеленые» крыши, в том числе не только плоские, но и скатные. В противовес традиционным крышам, данное направление считается новым и инновационным.

Озелененная («зеленая») крыша – это крыша, верхняя поверхность которой частично или полностью представлена растительным слоем (травы, кустарники, мхи и другие зеленые насаждения), высаженным в растительный субстрат, согласно п. 3.24 ГОСТ Р 58875-2020. Также в состав ограждающей конструкции входят – дренажный, водоудерживающий и аэрационные слои, утеплитель. Такие крыши являются одним из структурных элементов, входящих в направление «зеленых технологий» в области строительства и организации городского пространства («зеленый город»).

Активное научное изучение и практическое применение в нашей стране зеленые технологии получили в последнее десятилетие. Целью технологий является уменьшение нагрузки на природные ресурсы [1]. Эта нагрузка создается за счет нерационального использования ресурсов и их чрезмерного потребления, превышающего темпы восполнения. Использование этих технологий обосновано не только эстетическими и экологическими причинами, так же снижается нагрузка на инженерные системы и сети за счет сокращения теплопотерь, уменьшения объема кондиционирования воздуха, удержания поверхностного стока и снижение расчетных расходов воды в наружных и внутренних водостоках, фильтрации и очистки воды и воздуха.

В зарубежном строительстве яркими примерами объектов с «зелеными» крышами являются – отель «Marina Bay Sands» (*Сингапур*), жилой дом «Лесная спираль» (*Дармштадт, Германия*), Конференц-центр Ванкувера (*Канада*), Калифорнийская академия наук (*Сан-Франциско, США*) и др. Пока на территории Российской Федерации опыт использования «зеленых» крыш не так велик, но присутствует. Среди примеров таких объектов: научно-исследовательский центр «R&D Ренова» (*Сколково*), кооперативный

университет СберБанка (Московская обл.), поселок в Подмосковье «Evergreen» (15 км от г. Москва).

По типу озеленения крыши разделяются на три типа, с применением: легкого озеленения (экстенсивные), интенсивного озеленения (интенсивные), а также полуинтенсивные.

Экстенсивные крыши представляют собой сплошной ковер из низкорослых засухоустойчивых растений: трав, мхов, суккулентов. Мощность субстрата под посадку составляет 7...15 см, также применяются различные поддоны, горшки, кашпо. Экстенсивным крышам не требуется обслуживание. По конструкции, в классическом представлении, такие структурные элементы зданий и сооружений могут быть скатными и плоскими. Состав кровельного пирога представлен на рисунке 1.

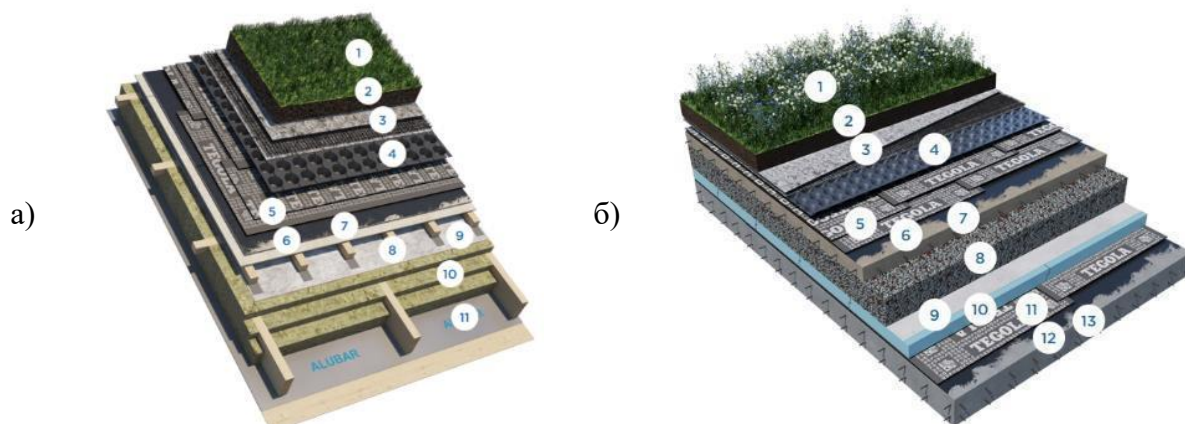


Рис. 1. Состав кровельного пирога экстенсивной крыши от компании Tegola [2]:
а) скатная озелененная крыша; б) плоская озелененная крыша; 1 – зеленые насаждения с поверхностной корневой системой; 2 – субстрат; 3 – дренажно-аэрационный материал; 4 – профилированная мембрана; 5 – гидроизоляция в два слоя; 6 – битумный праймер; 7а – цементно-стружечная плита; 7б – цементно-песчаная стяжка; 8а – пароизоляция под рейки; 8б – уклонообразующий слой из гравия; 9а – гидро-ветрозащитная пленка; 9б – геотекстиль; 10а – теплоизоляция; 10б – экструдированный пенополистирол; 11а – пароизоляция; 11б – пароизоляционный слой; 12 – битумный праймер; 13 – железобетонная плита

Интенсивные крыши предполагают использование различных растений с достаточно обширной корневой системой. Это многолетние и луковичные растения, кустарники и деревья высотой до 4 м. Мощность субстрата под посадку составляет 20...80 см. В связи с этим, такие конструкции требуют обслуживания и тщательного ухода (полив, внесение удобрений и др.). Поэтому в большинстве случаев, крыша будет плоской, доступной для обслуживания и, скорее всего, эксплуатируемой.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В случае практического применения «зеленых» крыш существуют определённые ограничения и недостатки. Их сооружение (реализация) объективно имеет большие затраты на строительство и обслуживание, в сравнении с традиционными конструкциями. Преобразование существующих крыш или строительство новых объектов с озеленением окупаемо только в плотной городской застройке [3]. Строительный объект представляет совокупность входящих в его состав структурных элементов. Изменение (внедрение) одного из них оказывает влияние на другие (инженерные системы и их пропускной способность, строительные конструкции и их несущую способность).

В связи с этим, поставленной данной работой целью является установление преимуществ и недостатков «зеленых» крыш, а также оценка их эффективности в удержании осадков. Для достижения поставленной цели применялись методы численных

исследований с использованием статистических данных и данных многолетних наблюдений, поиск отечественных и зарубежных источников с анализом и сопоставлением содержащихся данных.

Численные расчеты выполнялись по данным СП 30.13330 «Внутренний водопровод и канализация зданий», СП 32.13330 «Канализация. Наружные сети и сооружения», СП 131.13330 «Строительная климатология».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования «зеленых» крыш ведутся в США и Европе с 90-х годов прошлого века. За последние 30 лет (1989...2018) в международном сообществе опубликовано более 2400 статей, обзоров, глав книг и материалов [4] касательно них. Исследования продолжаются и сегодня, что подтверждает ряд обоснованных преимуществ «зеленых» крыш перед классическими конструкциями, а именно:

1) Снижение температуры в летние (теплые и жаркие) периоды года в островах тепла. Под островами тепла подразумевается метеорологическое явление, когда в городских районах теплее, чем в окружающих пригородных территориях и сельских поселениях. Согласно исследованию [5], на основе компьютерной модели города-миллионера Торонто (Канада) установлено, что озеленение 50% крыш города приведет к снижению температуры в некоторых районах на 2°C. Это происходит за счет увеличения альбеда поверхности (характеристика поверхности по отражательной способности).

2) Снижение концентрации пылевых частиц, взвесей и вредных веществ (диоксид углерода CO₂, оксиды азота NO и NO₂, оксид серы SO₂ или производные серной кислоты, различных тяжелых металлов) в воздухе от транспорта, промышленности, местных котельных. Крупные и шероховатые поверхности ветвей, побегов, листьев, стеблей делают крышные насаждения эффективным инструментом для удержания пылевых загрязнений, содержащихся в атмосфере города. Согласно исследованиям, при помощи модели было рассчитано, что «зеленая» крыша может удалять от $7,2 \times 10^{-3}$ кг/м² до $8,5 \times 10^{-3}$ кг/м² загрязняющих веществ [6].

3) Увеличение срока службы кровельных материалов (гидроизоляция, утеплитель) за счет защиты от ультрафиолетовой радиации. Некоторые «зеленые» крыши в Берлине (Германия) эффективно эксплуатируются свыше 90 лет, без необходимости проведения капитального ремонта [7].

4) Улучшение теплоизоляционных свойств кровельного ковра. В сравнении с классическими конструкциями, «зеленые» крыши эффективно снижают высокую летнюю температуру и сглаживают суточные температурные колебания. Тем не менее, «зеленые» крыши термически более эффективны летом, чем зимой. Интенсивные «зеленые» крыши (субстрат высотой 75...100 мм), установленные на обычной кровельной системе, уменьшают проходимость теплового потока на 70...90 % летом и только на 10...30 % зимой [8].

5) Улучшение звукоизоляционных свойств кровельного ковра. В работе [9], сравнивались уровни шума, проникающего внутрь здания через традиционную и «зеленую» крышу. Установлено, что во втором случае уровень шума снижается до 20 дБ как для экстенсивного, так и для интенсивного типа ограждающей конструкции.

6) Фильтрация дождевой воды через почвенный слой. Ожидается, что растения, субстраты, почвенные насекомые и микроорганизмы, то есть локальная экосистема «зеленой» крыши, будет удалять загрязняющие вещества из поверхностного стока, в том числе путем фильтрации. Тем не менее, большинство исследований показывают, что GR (green roof, «зеленые» крыши) являются поглотителем тяжелых металлов (свинец, цинк) и всех форм азота (в том числе аммиак и амиды), но, как правило, являются источником соединений фосфатов, меди, а также растворенного неорганического и органического углерода, что объясняется поступающими в почву остатками удобрений и непоглощенных питательных веществ [10].

7) Задержание атмосферных осадков. Дождевая вода частично испаряется как с водонепроницаемых покрытий, так и с зеленых и грунтовых поверхностей. Но во втором случае, значительный объем также поглощается растениями или задерживается в пористом субстрате. Поэтому расчетные расходы воды, поступающие в водосточные системы ниже для «зеленых» крыш, чем для традиционных конструкций. По данным табл. 8 СП 32.13330, нормативный постоянный коэффициент стока Ψ_i с водонепроницаемых поверхностей составляет 0,95, для грунтовых спланированных поверхностей – 0,2, для газонов (зеленых поверхностей) – 0,1. Фактически стоит предполагать, что водосточных систем будет достигать 95, 20 и 10 % от общего расхода поверхностного стока соответственно.

Из представленного перечня преимуществ и особенностей, с различной степенью влияния с дождевыми системами водоотведения связаны пункты 2, 6 и 7. В контексте поставленной цели подробнее рассмотрим влияние типа крыши на величину отводимых объемов и расходов поверхностного стока. Снижение нагрузки на систему отведения поверхностного стока происходит за счет задерживания осадков и сглаживания пиковых значений расходов воды в инженерной системе, особенно во время краткосрочных ливней [11]. Интенсивные крыши, по сравнению с экстенсивными, обладают большей способностью удерживать дождевую воду [12], благодаря:

- созданию более плотного покровного слоя и внутренних слоев субстрата, что увеличивает площадь испарения и потребность в воде растения;
- организации толстого слоя с хорошей влагопропускной способностью на поверхности субстрата, которая увеличивает время инфильтрации и уменьшает поверхностный сток;
- развитию более разветвленной и мощной корневой системы у крупных насаждений с более высокой влагоудерживающей способностью, в сравнении с корнями одно- и многолетних трав.

При этом, при фильтрации дождевой воды через почвенный слой происходит уменьшение концентраций одних химических соединений и увеличение концентраций других. Однако анализы качественного состава воды [10], подтверждают увеличение суммарного солесодержания, то есть на условную единицу объема воды, поступающей в водосточную систему, приходится больше загрязнений при меньшем её количестве.

Расчетным способом выполнена оценка количества отводимого стока с зеленой и традиционной крыши. Для этого были заданы гипотетические схемы условных верхних ограждающих конструкций с одинаковыми размерами и различными вариантами исполнения кровельного ковра:

- 1 вариант: 100% площадь покрытия из зеленого экстенсивного насаждения (рис. 2а);
- 2 вариант: 100% площадь покрытия из битумно-полимерного материала (рис. 3а);
- 3 вариант: соотношение экстенсивных насаждений и дорожек из бетонной плитки в равных долях (рис. 4а).

Состав кровельного пирога принят по системам «ТехноНиколь» [13] и представлен на рис. 2б, 3б, 4б.

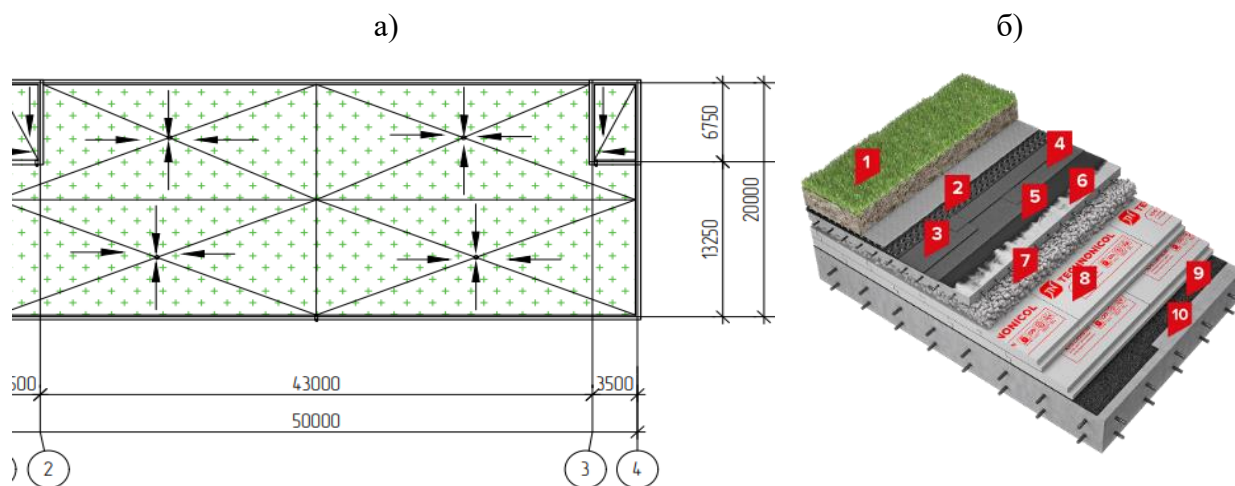


Рис. 2. Экстенсивная «зеленая» крыша: а) план крыши; б) состав кровельного пирога: 1 – зеленые насаждения; 2 – профилированная мембрана; 3, 4 – гидроизоляция битумно-полимерная; 5 – битумный праймер; 6 – армированная цементно-песчаная стяжка; 7 – керамзитобетон в качестве уклонообразующего слоя; 8 – теплоизолирующий слой – экструзионный пенополистирол; 9 – пароизоляция; 10 – железобетонная плита

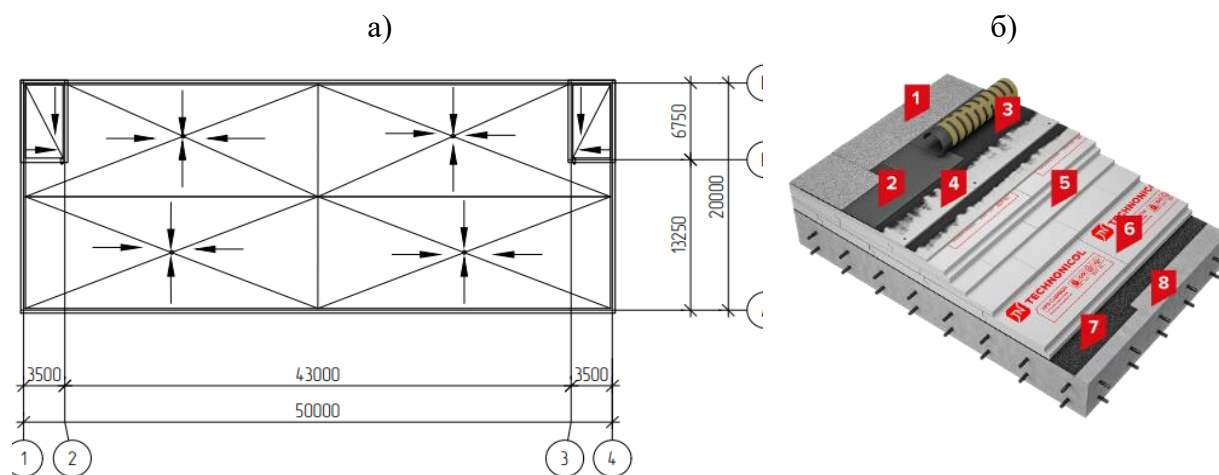


Рис. 3. Битумно-полимерная крыша: а) план крыши; б) состав кровельного пирога: 1, 2 – гидроизоляция битумно-полимерная; 3 – битумный праймер; 4 – стяжка из 2 слоев хризотилцементных листов; 5 – уклонообразующий слой – экструзионный пенополистирол; 6 – теплоизолирующий слой – экструзионный пенополистирол; 7 – пароизоляция; 8 – железобетонная плита

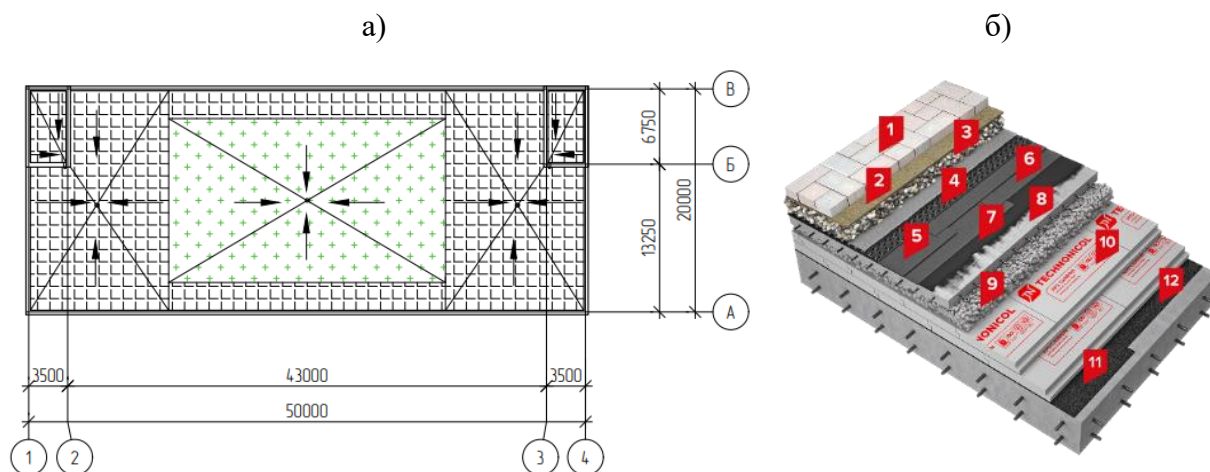


Рис. 4. Эксплуатируемая крыша с экстенсивными насаждениями: а) план крыши; б) состав кровельного пирога: 1 – бетонная плитка; 2 – цементно-песчаная смесь; 3 – гравий фракцией 5...10 мм; 4 – профилированная мембрана; 5..6 – гидроизоляция битумно-полимерная; 7 – битумный праймер; 8 – армированная цементно-песчаная стяжка; 9 – уклонообразующий слой – керамзитобетон; 10 – теплоизолирующий слой – экструзионный пенополистирол; 11 – пароизоляция; 12 – железобетонная плита

Размеры крыш в осевых линиях приняты 20×50 метров. Площадь крыши примем, как равную $F = 1035 \text{ м}^2$ в каждом из вариантов. Территориальное размещение – в границах городского округа г. Тюмень.

Для того, чтобы оценить нагрузку на систему отведения поверхностного стока найдем среднегодовой объем поверхностных сточных вод W_r , образующихся на крыше в период выпадения дождей W_d , таяния снега W_T и мойки дорожных покрытий W_m :

$$W_r = W_d + W_T + W_m. \quad (1)$$

Расчет ведем по п. 7.2 СП 32.13330. Коэффициент, учитывающий уборку снега, примем равный $K=1$ для неэксплуатируемой битумно-полимерной и зеленой кровли. Мойка дорожных покрытий (дорожки из бетонной плитки) проводится только на эксплуатируемой кровле с зелеными насаждениями. Таким образом, среднегодовой объем:

- для зеленой экстенсивной поверхности $W_{r1} = W_d + W_T = 2W_d = 25,54 \text{ м}^3$;
- для битумно-полимерного покрытия $W_{r2} = W_d + W_T = 2W_d = 180,0 \text{ м}^3$;
- для комбинированной поверхности $W_{r3} = W_d + W_T = 2W_d + W_m = 116,76 \text{ м}^3$.

На основании выполненных расчетов объемов, «зеленые» крыши удерживают сток (в идеальном случае) в течении года в 7 раз эффективнее, чем битумно-полимерные крыши и в 4,5 раза эффективнее, чем эксплуатируемые крыши с зелеными насаждениями.

Так же оценим влияние расчетных расходов дождевых и талых вод в коллекторах наружных сетей поверхностного водоотведения. Наружные сети дождевого водоотведения поверхностного стока одинаковы для каждого варианта. Расчет выполнен по п. 7.4. и прил. Ж СП 32.13330 для условий городского округа г. Тюмень по утвержденной формуле:

$$Q_r = \frac{z_{mid} A^{1,2} F_r}{t_r^{1,2-0,1n}}, \quad (2)$$

где z_{mid} – среднее значение коэффициента покрова, характеризующего поверхность бассейна стока, определяемое как средневзвешенное значение в зависимости от значений коэффициентов z_i для различных видов поверхности водосбора; A и n – параметры, характеризующие расчетную интенсивность дождя для конкретной местности; F_r – расчетная площадь стока, га, с ограничением не более 150 га; t_r – расчетная

продолжительность дождя, равная продолжительности протекания дождевых вод по поверхности и трубам до расчетного участка.

Результаты расчета величин расходов по формуле (2) составили для экстенсивной крыши $Q_{r1} = 5,96$ л/с, для битумно-полимерного покрытия $Q_{r2} = 31,92$ л/с, для комбинированной поверхности $Q_{r3} = 18,95$ л/с.

Величина расчетного расхода в сетях водоотведения влияет на гидравлические параметры (диаметры и уклоны) самотечных коллекторов. Следует предполагать, что снижение расчетных расходов позволит снизить стоимость наружной сети водоотведения. В случае приема поверхностных сточных вод от «зеленых» крыш, максимальные секундные расходы при дожде расчетной интенсивности продолжительностью 20 минут, случающегося 1 раз в год, снижаются в 5 раз по сравнению с битумно-полимерной крышей и в 3 раза по сравнению с эксплуатируемой кровлей с зелеными насаждениями (вариант 3).

С другой стороны, расчетная нагрузка на плиты покрытия и в целом на конструкции здания увеличится из-за дополнительного веса грунта (а также водонасыщенного грунта, субстрата в период дождя) и растений с $1,741$ кН/м² (для традиционной крыши) до $3,825$ кН/м² (для интенсивной «зеленой» крыши) [14], то есть более чем в два раза.

Так же необходимо отметить то, что «зеленые» крыши оказывают положительный эффект не только на городскую застройку, но и на людей, проживающих в городах. На психологическое состояние людей, постоянно находящихся в зданиях, любые зеленые зоны оказывают положительное влияние. Так же озеленение в пределах медицинских учреждений благотворно влияет на выздоровление пациентов. Авторами работы [15] установлено, что устройство «зеленой» крыши (интенсивной или экстенсивной) эстетически улучшает пространство и здание, наводят посетителей на экологические ассоциации, создают благоприятную атмосферу для ведения бизнеса и коммерческой деятельности.

ВЫВОДЫ

«Зеленые» крыши обладают большим числом достоинств. Тем не менее, существующие недостатки накладывают ограничение на применение такой технологии в сфере городского и промышленного строительства. Необходимо отметить, что большинство объектов, в которых реализованы различные элементы технологии «зеленых» крыш географически находятся на территории России с умеренным климатом и южнее. Наиболее близкое государство по климатической характеристике – Канада, в связи с чем требуется детальное изучение опыта эксплуатации ограждающих конструкции с озеленением в данном государстве.

В расчетном сравнении установлено, что от зданий с «зелеными» крышами снижается количество отводимых стоков до семи раз в сравнении с традиционной (битумно-полимерной) кровлей. Так же предполагается снижение расчетных (максимальных секундных) расходов до пяти раз в сравнении с традиционной. Тем не менее требуется экспериментальная проверка полученных теоретических результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карцан П.И. Зеленые технологии и их значение для всего мира // 3 Всероссийская научная конференция с международным участием «Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий» (НТО-III) при поддержке Краевого фонда науки, май 2022 г. Красноярск. 2022. С. 250-258.
2. Tegola: сайт. Режим доступа: <https://tegola.ru>. Дата обращения: 30.09.23.
3. Zhang P., Ariaratnam S. Life cycle cost savings analysis on traditional drainage systems from low impact development strategies // *Frontiers of Engineering Management*. 2020. № 7. Pp.465-476. DOI:10.1007/s42524-019-0063-y. Access mode: https://www.researchgate.net/publication/344409615_Life_cycle_cost_savings_analysis_on_traditional_drainage_systems_from_low_impact_development_strategies. Date assembled: 20.05.23.
4. Suszanowicz D., Wiecek A.K. The Impact of Green Roofs on the Parameters of the Environment in Urban Areas—Review // *Atmosphere*. 2019. № 10. Pp. 1-17. DOI:10.3390/atmos10120792. Access mode:

- <https://www.mdpi.com/2073-4433/10/12/792>. Date assembled: 20.05.23.
5. *Bass B., Krayenhoff E.S., Martilli A., Stull R.B.* The impact of green roofs on Toronto's urban heat island // Proceedings of the First North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities, Chicago, May 2003, Pp. 292-304.
 6. *Currie B.A., Bass B.* Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model // Urban Ecosystems. 2008. № 4. Pp.409-422. DOI: 10.1007/s11252-008-0054-y. Access mode: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-008-0054-y>. Date assembled: 20.05.23.
 7. *Porsche U., Köhler M.* Life Cycle Costs of Green Roofs: A Comparison of Germany, USA, and Brazil // World Climate & Energy Event. Rio de Janeiro. December 2003. Pp. 461-467.
 8. *Liu K.K., Baskaran B.A.* Thermal performance of extensive green roofs in cold climates // 2005 World Sustainable Building Conference. Tokyo. September 2005. Pp. 1-8.
 9. *Connelly M., Hodgson M.* Experimental investigation of the sound absorption characteristics of vegetated roofs // Building and Environment. 2015. № 92. Pp. 335-346. DOI: 10.1016/j.buildenv.2015.04.023. Access mode: https://www.researchgate.net/publication/276487319_Experimental_investigation_of_the_sound_absorption_characteristics_of_vegetated_roofs. Date assembled: 25.09.23.
 10. *Monteiro C. M., Santos C., Castro P. M. L.* Extensive Green Roofs: Different Time Approaches to Runoff Coefficient Determination // Water. 2023. № 15. Pp. 1-15. DOI:10.3390/w15101852. Access mode: <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/10/1852>. Date assembled: 30.09.23.
 11. *Kuoppamäki K.* Vegetated roofs for managing stormwater quantity in cold climate // Ecological Engineering. 2021. № 171. Pp. 165-175. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2021.106388. Access mode: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857421002433?via%3Dihub>. Date assembled: 20.05.23.
 12. *Liu H., Kong F., Yin H., Middel A., Zheng X., Huang J.* Impacts of green roofs on water, temperature, and air quality: A bibliometric review // Building and Environment. 2021. № 196. Pp. 58-67. DOI: 10.1016/j.buildenv.2021.107794. Access mode: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132321002018?via%3Dihub>. Date assembled: 20.05.23.
 13. ТехноНиколь: сайт. Режим доступа: <https://nav.tn.ru>. Дата обращения: 12.10.23.
 14. *Джур А.В.* Расчет воздействия интенсивного зеленого покрытия на консольную балку // Национальная конференция с международным участием «Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук». Май 2022 г. Белгород, 2022. С. 75-81.
 15. *Jungels J., Rakow D.A., Allred S.B., Skelly S.M.* Attitudes and aesthetic reactions toward green roofs in the Northeastern United States // Landscape and Urban Planning. 2013. № 117. Pp. 13-21. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2013.04.013. Access mode: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204613000820?via%3Dihub>. Date assembled: 27.09.23.

ОЧИСТКА СУЛЬФИД СОДЕРЖАЩИХ ВОД МЕТОДОМ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ

М.А. Жаров¹, С.Е. Алексеев²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*mack.jarov2014@yandex.ru*

²*AlekseevSE@mgsu.ru*

Аннотация

Объектом исследования являются катализаторы, применяемые в процессах каталитического окисления. Рассмотрены различные виды катализаторов: сульфат марганца $MnSO_4$, гетерогенные катализаторы диоксид титана (TiO_2), фталоцианиновый катализатор КСМ–Х, гетерогенный катализатор из углеродной ткани. Рассмотрено их применение в различных производствах: кожевенное, текстильное, металлургическое, нефтегазовое, целлюлозно-бумажное. В ходе работы были рассмотрены необходимые условия для протекания реакций, а также современное состояние исследований по развитию применения данных видов катализаторов.

Выбранная тематика исследования является очень важной и требующей внимания, так как от выбранного вида применяемого катализатора и его эффективности, напрямую зависят показатели очистки сточных вод, что влияет на состояние окружающей среды и здоровье человека.

В конце исследования сделан вывод по проведенному исследованию, и указаны дальнейшие шаги по проработке данной тематики.

ВВЕДЕНИЕ

Выбранная тема исследования обусловлена важностью сохранения окружающей среды. При использовании воды для технологических процессов, бытовых задач, в отрасли сельского хозяйства, полива улиц – образуются сточные воды. Согласно данным на 2022 год [1], сточные воды распределены по отраслям следующим образом: жилищно-коммунальные – 25%, сельскохозяйственные – 9%, промышленные – 63%, другие стоки – 9%. Перед сбросом в водные объекты, все стоки должны быть предварительно очищены до нормативов предельно допустимой концентрации вредных веществ (ПДК) [2], так как они содержат в себе взвешенные вещества, соединения хрома, сульфидов, железа, алюминия, нефтепродуктов, марганца. Эти вещества могут оказать негативное и губительное влияние, как на состояние окружающей среды, так и на здоровье человека, который использует её для удовлетворения своих потребностей.

К наиболее загрязненным по содержанию вредных веществ относятся сточные воды промышленного сектора (кожевенных, металлургических, целлюлозно-бумажных заводов, предприятий нефтяной промышленности). Данные виды сточных вод требуют сложной и комплексной технологической схемы очистки в силу особенностей состава загрязнений. Например, они могут содержать соединения хрома (III и VI), для удаления которого нужна комплексная схема, включающая двухэтапный процесс биологической очистки. При этом разработанная и эксплуатируемая технологическая схема должна осуществлять не только очистку стоков до установленных показателей, но и не оказывать, негативного влияния, как на проживающее рядом население, так и на водные объекты.

Для решения данных задач в России реализуются программы, направленные на экологическую реабилитацию водных объектов и устойчивое функционирование водохозяйственного комплекса. К таким программам относится федеральный проект “Оздоровление Волги” [3] со сроками реализации с 2019 по 2024 год. Он направлен на экологическую реабилитацию водных объектов, путем уменьшения сбрасываемого количества сточных вод и изменением их химического состава. Этого можно достигнуть

путем строительства новых очистных сооружений и реконструкции старых. Для устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса используется утверждённый в 2020 г. справочник по наилучшим доступным технологиям “Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов” [4]. В этом документе отражены как допустимые показатели вредных веществ, содержащихся в сточных водах, так и информация по внедрению наилучших доступных технологий в существующие системы очистки.

Приведенная статистика по распределению стоков сточных вод, сложность технологических систем очистки и реализуемые программы показывают важность и необходимость проработки данной темы для обеспечения сохранения окружающей среды. Данная научная статья рассмотрит пути и способы модернизации очистки сточных вод от содержащихся в них сульфидов. Это позволит рассмотреть возможность внедрения данных методов в существующие технологические схемы для повышения их эффективности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе выполнения исследования были рассмотрены кожевенная, металлургическая, целлюлозно-бумажная, текстильная и нефтяная промышленность. В ряде их основных производственных операций образуется сульфид содержащий сток, требующий комплексной очистки. Рассмотрены варианты применения каталитического окисления сульфидов, обсуждаются все их достоинства и недостатки.

Объект исследования: очистка сточных вод.

Метод исследования: в ходе исследования очистки сточных вод был использован и проведён анализ, который позволил рассмотреть и изучить существующие и наиболее перспективные методы каталитического окисления сульфид содержащих вод.

Сделан вывод о целесообразности применения методов каталитического окисления для очистки сульфид содержащих вод.

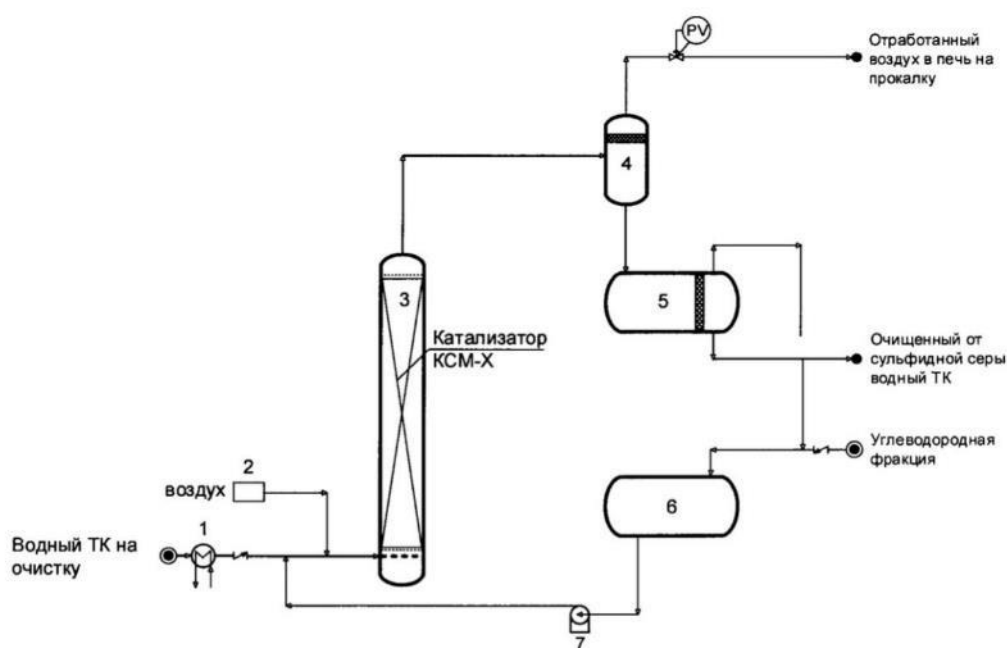
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Очистка сульфид содержащих вод на заводах кожевенного производства. Характеристики стока: содержание сульфидов – 0,2-10 г/л.; pH – 12-13; взвешенные вещества – 10-20 г/л.; химическое потребление кислорода (ХПК) – 10-20 г/л. [5]. Далее будет рассмотрена существующая технологическая схема каталитического окисления сульфидного стока в присутствии катализатора – сульфат марганца ($MnSO_4$). Рассматриваемый сток от отмочно-зольного участка кожевенного завода самотеком поступает в канализационную насосную станцию (КНС), откуда далее при помощи автоматической работы насосов происходит перекачка в усредняющую ёмкость. На этой стадии происходит усреднение стока и добавление 10% сульфата марганца. Перед следующим этапом технологической схемы сток проходит через установленные дисковые фильтры, которые удаляют крупные взвешенные вещества. После фильтрации сток поступает в отстойники-окислители, где и осуществляется процесс окисления сульфидов S^{2-} в сульфаты SO_4^{2-} . Процесс окисления осуществляется совместно с процессом аэрации, которая осуществляет непрерывное движение сточных вод, исключая выпадение осадка. В результате процесса окисления сульфидов выделяется аммиак NH_3 , для его удаления установлен газоочистительный комплекс.

Очистка сульфид содержащих вод на заводах текстильного производства. Характеристики стока: взвешенные вещества; нитраты; соединения азота и фосфора; соединения железа, цинка, хрома, никеля; сульфаты; хлориды; синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) [6]. Для очистки сточных вод текстильного производства возможно применение гетерогенного фотолиза, где основным катализатором выступает оксид титана (TiO_2). Процесс построен на ускорении химической реакции под действием катализатора и облучением квантами света. При поглощении света с длиной волны $\lambda < 390nm$ образуются свободный электрон и электрон вакансии. В

результате этих процессов образуются мощные окислители: 1) радикалы O_2^- и $OH\cdot$; 2) H и H_2 (только в водных растворах и при низких концентрациях кислорода) [7]. Для очистки сточных вод используют диоксид титана в гранулах из силикагеля [8], это позволяет увеличить размеры фотокатализатора, но при этом не уменьшая удельную поверхность. Данный вид технологии применения катализатора является наиболее перспективным, так как используемые в процессах гранулы легко осаждаются в отстойниках и удаляются из реакционной среды.

Очистка сульфид содержащих вод на заводах металлургического производства. Перечень загрязнений, подлежащих удалению: сульфиды; цианиды; мелкодисперсные взвешенные вещества; хлориды; рН – 6-9; смолы; масла. Для очистки зольного стока металлургического производства возможно применение следующего метода – окисление кислородом воздуха в присутствии гетерогенного катализатора КСМ-Х [9]. Окисление осуществляется при следующих значениях: объемное соотношение углеводородной фракции к очищаемому стоку 1:20 при температуре от 20 до 80 °С; избыточном давлении воздуха от 0,1 до 1,0 МПа; рН<9.



1 – подогреватель стоков; 2 – компрессор; 3 – реактор окисления с катализатором КСМ-Х; 4 – сепаратор отработанного воздуха; 5 – отстойник; 6 – ёмкость для хранения углеводородной фракции; 7 – насос для подачи.

Рис.1. Установка для окисления зольного стока с использованием катализатора КСМ-Х [10]

Данный способ каталитического окисления позволяет увеличить скорость проведения реакции окисления сульфидов и повысить степень очистки сточных вод. Использование рассматриваемого катализатора также возможно в газовой, нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, нефтехимической и целлюлозно-бумажной промышленности.

Окисление сульфидов в водно-щелочной среде в присутствии гетерогенного катализатора – углеродная ткань, пропитанная фталоцианином кобальта [9]. Процесс протекает при температуре 75-80 °С, расходе воздуха 30-40 м³/м³ стоков. Важным преимуществом такого вида катализаторов в сравнении с представленными ранее является то, что волокнистые катализаторы имеют развитую внешнюю поверхность [10]. Это облегчает доступ реагирующих веществ к катализатору. Вторым важным преимуществом является то, что текстильная промышленность способна производить текстильные катализаторы в виде нетканых полотен, тканых сеток и объемных полотен различных конструктивных типов и геометрических размеров. Это преимущество очень важно при

конструировании технологических схем очистки сточных вод. Исходя из исследований, представленных в источнике [11], срок службы таких катализаторов очень большой. Так были проведены эксперименты по их эксплуатации на протяжении 350 часов, на исходе которых они показали сохранение своих каталитических свойств.

ВЫВОДЫ

В ходе данной работы был рассмотрен широкий спектр применения различных катализаторов в процессах каталитического окисления, которые могут использоваться в очистке сточных вод кожевенных, металлургических, целлюлозно-бумажных, нефтегазовых и текстильных производств. Все представленные катализаторы имеют свои недостатки: соблюдение определенных условий для проведения реакции окисления ($MnSO_4$), от температуры до поддержания определенной рН среды; гетерогенные катализаторы нуждаются в дальнейшем развитии. Необходимо расширение диапазона волн возбуждающего света, что повысит их эффективность в очистке сточных вод; волокнистые катализаторы требуют решение задачи формоустойчивости полотна.

Нельзя однозначно сказать, какой катализатор превосходит в степени очистки другой. Так как один из них может быть более эффективным для очистки сточных вод одной отрасли, но при этом менее эффективным для другой.

Главный вывод данной научной работы состоит в том, что исследование катализаторов для процесса каталитического окисления является очень важным и требует внимания. Их дальнейшее улучшение позволит повысить эффективность технологических схем по очистке сточных вод. Тем самым снизится наносимый ущерб окружающей среде, а также здоровью человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бузин И. Современные методы очистки сточных вод // База знаний «МГУЛАБ – Испытательный центр». Вода. Современные методы очистки сточных вод. Режим доступа: <https://www.msulab.ru/knowledge/water/sovremennye-metody-ochistki-stochnykh-vod/>. Дата обращения 13.12.23 г.
2. Постановление от 28 января 2021 года N 2 Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания". Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>. Дата обращения 13.12.23 г.
3. Федеральный проект «Оздоровление Волги». Режим доступа: <https://pdminstroy.ru/federalniy-proekt-ozdorovlenie-volgi>. Дата обращения 13.12.23 г.
4. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов». ИТС 10-2019. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/564068889>. Дата обращения 13.12.23 г.
5. Очистные сооружения кожевенных предприятий // Состав сточных вод кожевенного производства. Режим доступа: <https://www.vo-da.ru/articles/los-kojevennyh-predpriyatij/sostav-stokov>. Дата обращения 13.12.23 г.
6. обращения 13.12.23 г.
7. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях». ИТС 8-2015. Режим доступа: <https://burondt.ru/NDT/docs/ndt-8/index.html>. Дата обращения 13.12.23 г.
8. «Фотокатализатор TiO_2 : как работает, как оценить». Режим доступа: <https://elcom.biz/articles/photocatalytic-coating/photocatalyst-tio2>. Дата обращения 13.12.23 г.
9. «Российские ученые разработали способ очистки сточных вод с помощью солнечного света» // Южно-Уральский государственный национальный исследовательский университет. Режим доступа: <https://www.susu.ru/ru/news/2022/04/20/rossiyskie-uchenye-razrabotali-sposob-ochistki-stochnykh-vod-s-romoshchyu-solnechnogo>. Дата обращения 13.12.23 г.
10. «Гетерогенный фталоцианиновый катализатор КСМ-Х» // Технологии удаления меркаптанов и обезвреживания стоков. Режим доступа: <https://ahmadullins.com/production/katalizator-ksm-x/geterogennyj-katalizator-ksm-x>. Дата обращения 13.12.23 г.
11. Патент РФ № 2659269 «Способ очистки сточных вод от сульфидной и/или меркаптидной серы и установка для его осуществления». Авторы патента: Ахмадуллин Р.М., Ахмадулина А.Г., Хамидуллина Л.Ш. Режим доступа: <https://ahmadullins.com/patent-rf-2659269>. Дата обращения 13.12.23 г.

12. *Витковская Р.Ф.* Разработка и исследование полимерных волокнистых катализаторов и контактных элементов для ресурсосбережения и охраны окружающей среды// “Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна” – 2005 г., диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, 328 с.

ОТВЕДЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Е.В. Алексеев¹, О.В. Букина²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹AlekseevE@mgsu.ru

²lit_a@list.ru

Аннотация

В условиях развития городской застройки использование дождевых стоков как альтернативных возобновляемых природных ресурсов является всё более актуальной задачей для структур ЖКХ. Большое количество дождевых стоков нерационально сбрасываются в ливневую канализацию и сильно (а в период обильных осадков – критически) увеличивают нагрузку на водоотводящие сети. Ликвидация подтоплений требует значительных дополнительных материальных затрат.

Вместе с этим, современные многофункциональные комплексы (МФК) зданий требуют значительных объемов потребления воды как на питьевые нужды, так и для поддержания работы технологического оборудования, содержания благоприятной для человека окружающей среды - зон рекреации с применением водных объектов и зонами зеленых насаждений.

В данном исследовании рассмотрено формирование потока атмосферных вод с поверхностей зданий, а также обосновывается актуальность применения очистки сточных вод для дальнейшего использования в технологических системах и полива элементов благоустройства территории застройки.

ВВЕДЕНИЕ

В современном развитии крупнейших городов в РФ отмечается тенденция к увеличению плотности застройки как в районах со сложившейся инфраструктурой, так и на вновь застраиваемых территориях в черте города.

В районах со сложившейся инфраструктурой преобладает два направления:

- реорганизация бывших промышленных и примыкающих к ним территорий;
- реновация жилых кварталов застройки периода 1956 - 1965 годов – панельных пятиэтажных домов.

Приоритетом инвесторов в настоящее время является проектирование и строительство многофункциональных жилых комплексов (МФК) с включением высотных зданий от 22 до 55 этажей высотой до 200 м в объединенное единое общественное пространство – стилобат. Стилобат может объединять от одного до трех наземных этажей, и от одного до пяти подземных этажей. При реализации подобных проектов площадь застройки по контуру подземной части может существенно превышать площадь застройки по контуру высотных корпусов.

Характерными примером такой застройки является многофункциональный жилой комплекс в районе Марьино Роцца в Москве.

Этот многофункциональный жилой комплекс характеризуется следующим распределением площадей:

- общая площадь участка застройки: - 24 515 м² (100%);
- площадь застройки по контуру подземной части - 18 004 м²
- площадь застройки проектируемых зданий - 32%;
- площадь твердых покрытий - 55%;
- площадь озеленения (сумма площадей газона, покрытия из песка, по грунту и по стилобату) - 13%.

При проектировании современных многофункциональных бизнес центров, инвесторы, как правило, отдают предпочтение проектам со сложной архитектурой, и при максимальном полезном использовании участка под застройку, создают зоны комфортной среды внутри здания, дополняя проекты открытыми пространствами на балконах, кровле, декоративным озеленением и водными объектами. Многофункциональные бизнес центры также имеют подземную стилобатную часть от одного до пяти этажей.

Ввиду повышенных требований к этажности и комфорту пребывания людей внутри здания такие проекты требуют размещения большого количества инженерного оборудования.

Оценивая эту тенденцию с позиции сбора и отведения атмосферных вод, можно представить следующее: атмосферные воды с кровель, фасадов, веранд, балконов зданий, а также, внутренних дворов и проездов, через приемные устройства собираются трубопроводами системам водостока и, затем, по стоякам опускаются вниз в стилобатную часть здания. Стояки присоединяются к магистральным трубопроводам и через помещения подземных этажей отводятся за границы стилобата во внутриквартальную сеть и далее в городские водоотводящие сети.

Вследствие увеличения доли площади участка, используемой под строительный объем, устройства твердых покрытий, и уменьшения доли площади участка, используемой под естественное покрытие по грунту, а также использование озеленения «по стилобату» происходит увеличение объема собираемых и отводимых атмосферных вод в период интенсивного дождя за границы участка застройки [1, 2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Цель исследований состояла в оценке возможности обеспечения водопотребления на полив и технологические нужды многофункциональных зданий за счет использования альтернативных источников водоснабжения, тем самым сокращая потребление питьевой воды из городской водопроводной сети.

В соответствие с поставленной целью задачи исследований включали:

- анализ основных тенденций в развитии современной городской застройки путем анализа типологии, архитектурных и планировочных решений участка застройки многофункционального комплекса с позиции организации сбора и отведения атмосферных вод;
- анализ водопотребления и определение основных групп потребителей многофункциональных комплексов;
- решения по сбору и кондиционированию дождевых вод для использования в технологических системах зданий и полива элементов благоустройства территории застройки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Повышенные требования к комфорту и поддержанию благоприятной окружающей среды для человека, создание зон рекреации и искусственного озеленения, требует от собственников таких комплексов существенных затрат на используемые ресурсы. Одним из наиболее ценных ресурсов является вода.

В современных многофункциональных зданиях, наряду с питьевыми целями, существует целый ряд потребителей, обеспечивающих функционирование технологических процессов:

- полив зеленых насаждений;
- полив и мытье покрытий, полов;
- мытье фасадов здания;
- секции увлажнения в приточных установках;
- вода для орошения адиабатических охладителей

Анализ водопотребления современных многофункциональных комплексов (см.табл.1) показал, что основной объем водопотребления приходится на хозяйственно-питьевые нужды - от 80 до 1300 м³ в сутки, что составляет от 63 до 97% общего водопотребления.

Табл. 1. Водопотребление зданий МФК по основным группа потребителей

Тип здания	Площадь участка застройки, м ²	Строительный объем, тыс. м ³	Хозяйственно-питьевое водопотребление, м ³ /сут	Расход воды на эксплуатационные нужды, м ³ /сут		Итого водопотребление на нужды здания, м ³ /сут
				Климатическая техника	Полив зеленых насаждений и территории	
Офисный центр, г. Москва	21 896	114,10	79,52 (63)	12,4 (10)	35,12 (27)	127,04 (100)
Офисный центр, г. Москва	31 812	1 627,37	823,5 (72,4)	301,01 (26,4)	13,32 (1,1)	1137,83 (100)
Офисный центр, г. Санкт-Петербург	47 253	1 201,72	612,5 (90,6)	24,31 (3,5)	39,63 (5,9)	676,44 (100)
Жилой комплекс г.Москва	24 515	879,75	1312,45 (97)	11 (1)	25,18 (2)	1337,63 (3)

Примечание: в скобках приведена доля целевого потребления воды в общем объеме водопотребления здания, %

В летнее время на полив зеленых насаждений и уборку территории службами эксплуатации может быть затрачено воды от 10 до 40 м³/сутки. Еще одним значимым потребителем технологической воды является климатическая техника - холодильные машины и вентиляционные установки. Потребление воды на технологические процессы для климатической техники может составлять от 10 до 300 м³/сутки.

Обеспечение вышеуказанных потребителей и процессов водой можно осуществить частично или полностью за счет отведения дождевых и талых вод с поверхностей здания по системам внутренних водостоков в приемный резервуар, расположенный в подземной части стилобата.

Основные отличия атмосферных вод, собранных с покрытий зданий и атмосферных вод собранных с поверхности земли в черте городской застройки заключаются в том, что атмосферные воды, собранные с покрытий зданий имеют значительно меньшую загрязненность как по составу, так и по концентрации загрязняющих веществ. При достаточной степени очистки собранная дождевая вода может частично компенсировать общее водопотребление МФК.

Показатели дождевых сточных вод и нормативные требования к их составу для сброса в централизованную систему водостока и в водоемы в г. Москвы, а также требования к качеству воды на полив, приведены в таблице 2.

Выбор методов очистки дождевых и талых вод, разработка на их основе технологического процесса кондиционирования воды обуславливается особенностями формирования, химическим и фазово-дисперсным составами и концентрациями загрязняющих веществ. Принципиально, для кондиционирования этих видов сточных вод могут быть применены гидромеханические, физико-химические, химические, физические и биологические методы [3].

Табл. 2. Показатели атмосферных сточных вод и нормативы допустимого сброса

Показатели	Вид дождевых сточных вод		Нормативы показателей для сброса сточных вод		
	Селитебная территория современной жилой застройки [3]	Кровли зданий и сооружений [3]	В систему водоотведения ГУП "Мосводосток" [4]	В водный объект [5]	В систему полива зеленых насаждений (усредненно)
рН, ед.	7,0 - 8,0	7,0 - 8,0	6,0 - 9,0	6,5 - 8,5	6,5-8,5
Взвешенные вещества, мг/дм ³	400 - 650	20	10,75	12 (среднее)	40
БПК _п , мгО ₂ /дм ³	40 - 60	10	3	2,1	30
ХПК, мгО/дм ³	300 - 480	80	-	-	50
Нефтепродукты, мг/дм ³	8 - 12	0,01 - 0,7	0,05	0,05	0.1
Азот (NH ₄ ⁺), мг/дм ³	-	-	0,4	0,5	5

Используя рекомендации [3, 6-8] для очистки сточных вод селитебных территорий современной жилой застройки может быть применен технологический процесс по принципиальной схеме, приведенный на рисунке 1.

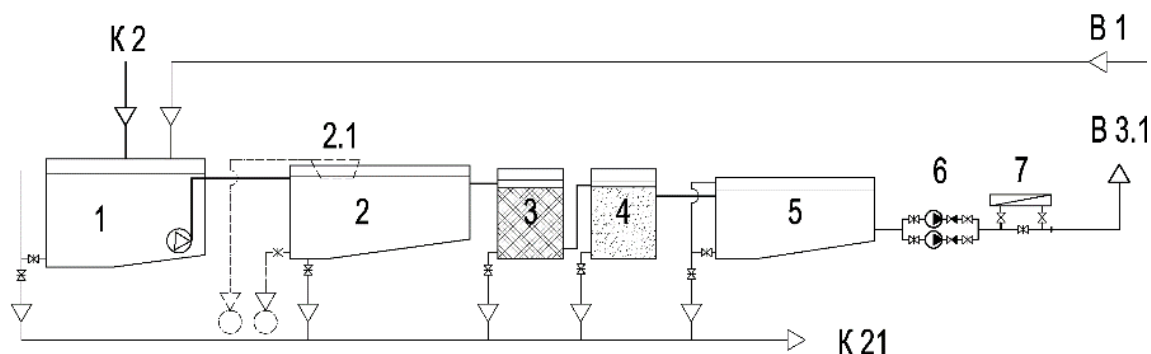


Рис.1. Принципиальная схема очистки поверхностных сточных вод:

- 1 – приемный резервуар сточных вод; 2 - Отстойник с тонкослойными модулями;
- 3 – устройство для гидромеханической очистки воды; 4 – устройство для сорбционной очистки воды; 5 – резервуар для хранения очищенной воды; 6 – насосная установка подачи очищенной воды; 7 – установка для УФ обеззараживания очищенной воды;
- В1 - подача воды из системы хозяйственно-питьевого водопровода;
- В3.1 - подача очищенной воды к потребителю;
- К2 - прием поверхностных сточных вод;
- К21 - отведение в централизованную систему водоотведения.

Предварительная очистка воды осуществляется в приемных устройствах - воронках, - трапах, - пескоуловителях, которые к находятся в начале коллекторной сети.

Первым элементом установки является сборный резервуар для накопления и хранения воды (1). Далее точные воды поступают в камеру отстаивания (2), где происходит

первоначальная очистка на тонкослойных модулях. Осадок удаляется автоматически через трубопровод сброса в нижней конической части, нефтепродукты образуют масляную пленку, которую впитывают сорбирующие бонны, плавающие на поверхности отстойника. Очистка сточных вод от мелкодисперсных взвешенных веществ происходит в безнапорном фильтре (3). Процесс фильтрования осуществляется в направлении сверху вниз. Отфильтрованная вода поступает в блок сорбционной фильтрации (4), в котором происходит окончательная очистка воды от растворённых нефтепродуктов и других органических соединений.

Полностью очищенная вода поступает в резервуар очищенной воды (5), откуда подается насосами (6) на установку обеззараживания воды (7) и далее по трубопроводам к точкам водоразбора - форсункам системы автоматического полива или поливочным кранам в коврах.

Сопоставляя показатели сточных вод, отводимых с селитебных территорий и кровель зданий (см. табл. 2), можно заключить, что для кондиционирования последней не требуется сложная многоступенчатая технология.

Примерный состав оборудования для подготовки дождевой воды на полив может быть следующим (рис. 2) [3]:

- приемные устройства водоотводящих систем внутреннего водостока здания;
- резервуар-накопитель в строительном исполнении, рассчитанный на прием дождевой воды в период выпадения дождей и ливней, оснащенный устройством для задержания крупных включений (листья, мусор и т.п.);
- насос подачи воды из резервуара-накопителя на установку глубокой очистки воды и обеззараживания.

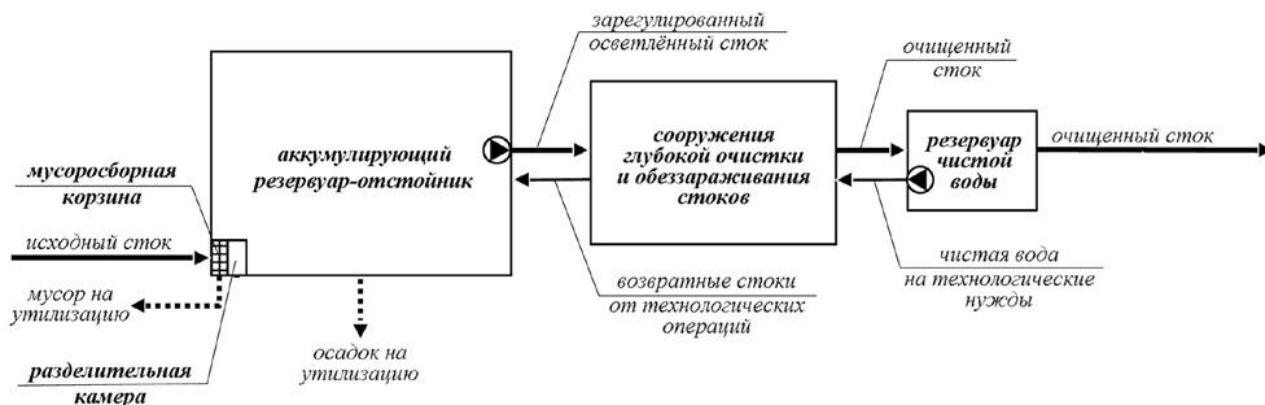


Рис. 2. Функциональная схема процесса кондиционирования сточных вод, отводимых с кровель зданий, для использования на технологические цели МФК и полив зеленых насаждений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для современных тенденций городской застройки характерна тенденция к увеличению строительного объема зданий и максимально возможное использование площади участка, строительство подземной части.

Современные многофункциональные комплексы имеют значительный объем суточного потребления воды как для хозяйственно-питьевых нужд, так и для других функциональных и технологических процессов. Например, в жилых многофункциональных комплексах значительный объем воды (от 2 до 30%) расходуется на полив зеленых насаждений и покрытий, а также на поддержание работы климатического оборудования - в бизнес центрах.

Дождевая вода, собранная с поверхностей зданий и отведенная в городские сети водоотведения, обладает относительно небольшим количеством загрязняющих веществ с невысокими концентрациями и может быть собрана в резервуар с целью дальнейшей очистки и использования в системах водопотребления многофункциональных комплексов.

Одно из перспективных направлений использования дождевой воды в многофункциональных комплексах - использование в системах полива зеленых насаждений и твердых покрытий.

Использование дождевых вод внутри городской застройки уменьшает пиковую нагрузку на централизованные системы водоотведения в период интенсивных дождей, а также позволяет уменьшить потребление воды питьевого качества и экономические затраты на технологическое водопотребление. Но самым важным аспектом данного направления является сохранение воды, как наиболее ценного природного ресурса.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пугачев Е.А.* Водоотведение поверхностного стока современных мегаполисов: монография - М.: АСВ, 2013 - 96с.
2. *Феофанов Ю. А., Мишуков Б. Г.* Особенности формирования состава поверхностных сточных вод и выбор сооружений по их очистке // Вода и экология: проблемы и решения. 2017. №3. С. 49-66.
3. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. -Москва: ОАО «ВНИИВОДГЕО», 2014. - 88 с.
4. Распоряжение от 7 сентября 2020 года № 01-01-14-186/20 «Об установлении нормативов состава сточных вод для объектов абонентов ГУП «Мосводосток»;
5. Приказ Минсельхоза РФ от 13 декабря 2016 года № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (с изменениями на 22 августа 2023 года).
6. *Верещагина Л.М.* Нормы проектирования систем отведения и очистки поверхностных сточных вод и неурегулированные требования водоохранного законодательства. //Водоснабжение и санитарная техника. 2023. № 1. С. 19-25.
7. *Шукин И.С.* Технология очистки и использования поверхностного стока с урбанизированных территорий в условиях холодного климата. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2015. № 2 (56). С. 34-40.
8. *Примин О. Г., Верещагина Л. М., Худякова Д. Д.* Технологические схемы очистки поверхностных сточных вод с территории городов и поселений // Промышленное и гражданское строительство. 2023. № 2. С. 81-86.

РАЗРАБОТКА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Тет Зо Аунг, Д.В. Спицов, А.Г. Первов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

Аннотация

Описаны проблемы, связанные с эксплуатацией установок обратного осмоса на ВЗУ при подготовке питьевой воды. Рассмотрены пути повышения эксплуатационных параметров работы установок обратного осмоса. Предложена технология модернизации установок с целью сокращения эксплуатационных затрат и сокращения сбросов концентратов в канализацию, состоящая в замене обратноосмотических мембран на нанофильтрационные. Применение нанофильтрационных мембран позволяет уменьшить интенсивность осадкообразования и одновременно снизить расход концентрата без опасности осадкообразования. Показано, что при замене обратноосмотических мембран на нанофильтрационные в существующей установке ее производительность может быть увеличена на 40 – 50 %, при этом качество очищенной воды остается на уровне требований СанПиН. При этом расход концентрата может быть сокращен в 10 – 20 раз.

Ключевые слова: обратный осмос; нанофильтрация; утилизация концентрата; сокращение концентрата

ВВЕДЕНИЕ

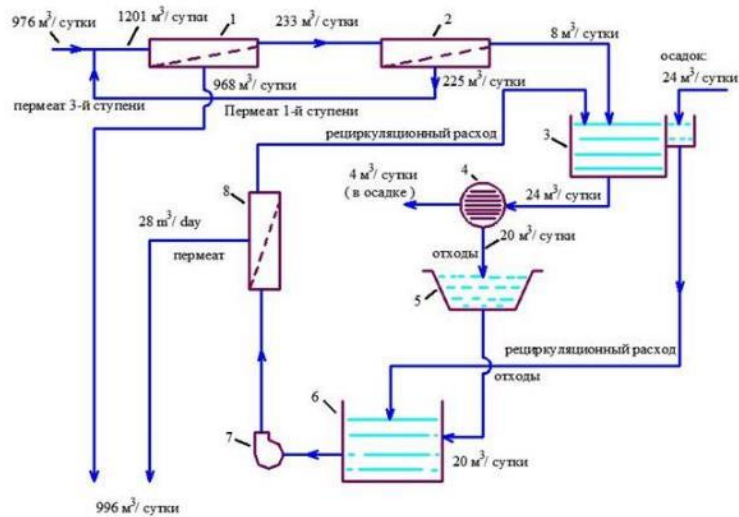
В условиях высокого антропогенного и техногенного воздействия на водоисточники традиционная схема очистки не может обеспечить современный стандарт качества питьевой воды. Наиболее распространенным в настоящее время решением этой проблемы является применение комбинированной озono-сорбционной технологии. Несмотря на всю эффективность этой технологии, ее основными недостатками являются высокая стоимость обслуживания и необходимость приобретения расходного материала – угля. Применение нанофильтрационной мембранной технологии позволяет эффективно решить проблему удаления антропогенных загрязнений без применения расходных материалов [1]. Применение мембранных технологий обратного осмоса для очистки природных и сточных вод ведется на протяжении последних 40 лет [2]. За последние годы возрос интерес к нанофильтрации как к методу подготовки питьевой воды из поверхностных водоисточников [3], благодаря высокой эффективности задержания этими мембранами органических веществ, образующих цветность воды [4]. Благодаря "универсальности" мембран в задержании органических веществ различной природы и молекулярного веса, обратноосмотические и нанофильтрационные мембраны уже широко применяются в процессах доочистки бытовых сточных вод для целей их повторного использования [5]. Кроме того, благодаря различной селективности мембран (эффективности задержания) по одновалентным и многовалентным ионам, а также органических веществ, в процессах очистки производственных сточных вод используется разделение растворов и выделение из растворов различных компонентов. И, наконец, благодаря разработке нанофильтрационных мембран оказалось возможным глубокое многократное концентрирование сбросных рассолов, эфлюентов и концентратов для целей их дальнейшей утилизации [6].

Описаны эксперименты по очистке воды станции водоподготовки. Показано, что применение мембранной установки позволяет получить очищенную воду и обеспечить эффективное снижение таких показателей, как ХПК, концентрация алюминия, окисляемость до норм ниже требований к питьевой воде. Представлены экспериментальные кривые, позволяющие проводить подбор мембран на каждой ступени и прогнозировать состав очищенной воды на каждой ступени очистки. По результатам

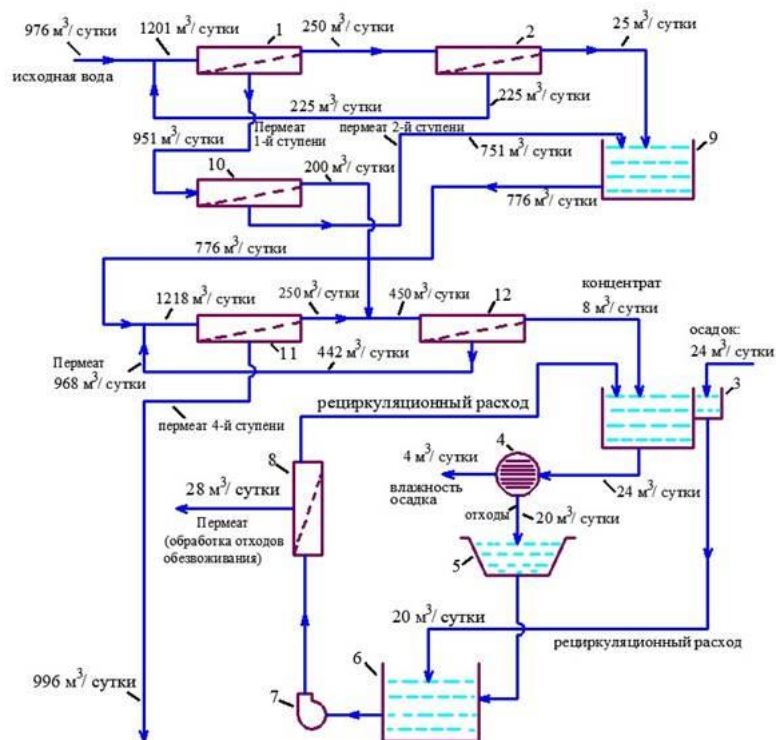
обработки экспериментальных данных представлена балансовая схема. Представлены экспериментальные кривые, позволяющие проводить подбор мембран на каждой ступени и прогнозировать состав очищенной воды на каждой ступени очистки.

Общие положения. Основные пути совершенствования.

Разработанная схема обеспечивает более высокие значения величины общего солесодержания очищенной воды. Благодаря этому в концентрате оказывается меньше солей и, следовательно, затраты на сокращение расхода концентрата и его утилизацию вместе с обезвоженным шламом [11,12]. Очистка сбросной воды (фугата) после обезвоживания осадка производится с помощью дополнительной мембранной установки (рис.2). Двухступенчатая мембранная система разработана для очистки фугата и достижения высокого качества очистки на уровне стандартов ВОЗ для питьевой воды [12]. На рис. 2 (а, б) представлена схема и основные технологические характеристики установки обработки концентрата вместе с осадком, полученными по варианту 1 (рис. 1, а) и варианту 2 (рис. 1, б). Для обоих вариантов рассчитаны требуемые площади поверхности мембран для оценки годовых затрат на замену мембран.

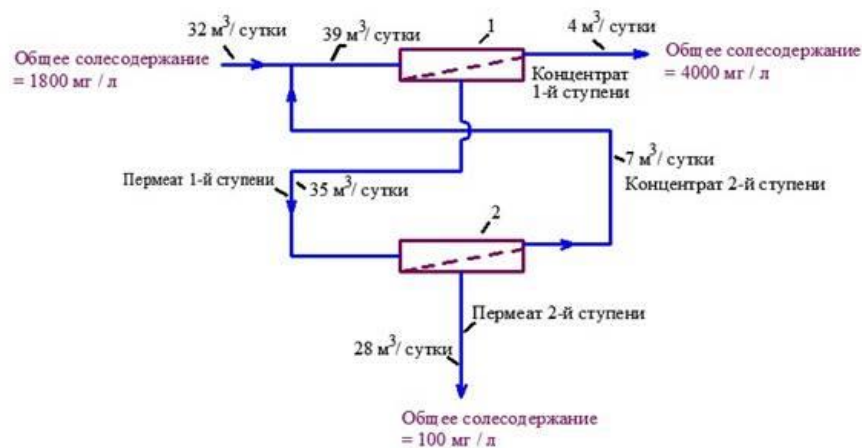


(а)

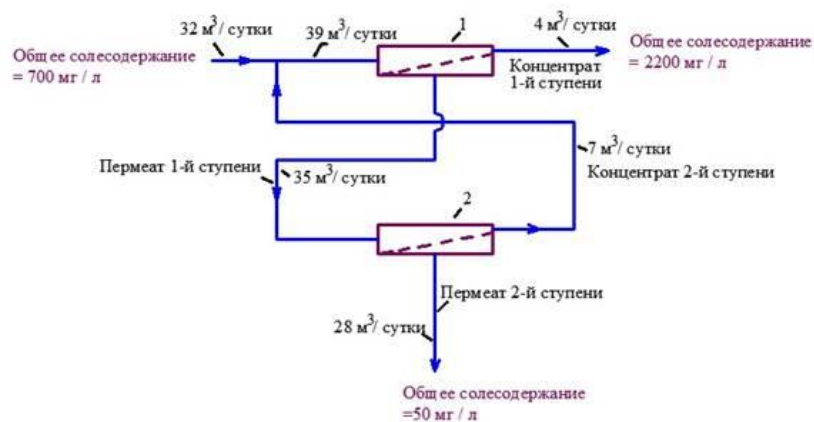


(б)

Рис.1. Балансовая схема очистки осветленной поверхностной воды с применением нанопольтрационных мембран и утилизацией концентрата: а) Вариант 1: традиционный подход использования нанопольтрационных мембран для удаления тригалометанов с утилизацией концентрата; а) вариант 1: традиционная одноступенчатая схема мембранной очистки с утилизацией концентрата (удалением вместе с обезвоженным осадком); б) вариант 2: двухступенчатая схема мембранной очистки с последующим разделением ионов и утилизацией концентрата с обезвоженным осадком; 1- первая ступень очистки воды; 2 - третья ступень сокращения расхода концентрата; 3 - резервуар-уплотнитель осадка; 4 - система обезвоживания осадка; 5 - бак для сбора фугата (иловой воды после обезвоживания осадка); 6 - бак сбора отстоянной воды; 7 - рабочий насос мембранной установки; 8 - система обратного осмоса для очистки фугата; 9 - бак-смеситель концентрата третьей ступени и пермеата второй ступени; 10 - вторая ступень для получения очищенной воды; 11 - четвертая ступень для увеличения общего солесодержания очищенной воды; 12 - пятая ступень для сокращения расхода концентрата.



(а)



(б)

Рис.2 Технологическая схема обработки отходов, образующихся по варианту 1 (а) и варианту 2 (б): 1 - мембрана первой ступени; 2 - мембрана второй ступени.

Экспериментальная часть. Методика экспериментов. Демонстрация возможностей новой технологии.

Принципиальная схема мембранной испытательной установки представлена на рисунке 3. Испытательная установка работала в циркуляционном режиме. Исходная вода подавалась в бак 1 и далее с помощью центробежного насоса 2 поступала в мембранный модуль 3 в напорном корпусе. В мембранном модуле исходная вода разделялась на два потока: поток пермеата и поток концентрата. Пермеат собирался в баке 4, а концентрат возвращался обратно в бак исходной воды 1. Использовались мембранные элементы модели 1812 с нанофильтрационными мембранами 70NE с низким показателем селективности по NaCl (значение селективности составляло 70% от величины общего солевого содержания). Мембранные элементы были произведены компанией Toray Advanced Materials Korea Inc. (производитель CSM Membrane Technologies, Корея, Seoul Company, CSM). Площадь мембраны в рулонных мембранных элементах составляла 0,5 кв. Роторный насос "Procon" был поставлен компанией "Procon Products", (Смирна, Теннесси, США). Производительность насоса составляла 180-200 л в час при давлении 16 бар. В ходе проведения экспериментов были построены экспериментальные зависимости значений концентраций различных содержащихся в воде веществ от значения коэффициента снижения исходного объема К. Значение К представляет собой отношение расхода

исходной воды, поступающей в мембранную установку $Q_{исх}$ к расходу концентрата $Q_{конц}$: $K = Q_{исх} / Q_{конц}$. В процессе проведения экспериментов значение коэффициента K определялось, как отношение исходного объема воды в начале эксперимента в баке 1 к объему концентрата в баке 1 в заданный момент эксперимента. Значение коэффициента K соответствует значению " выхода пермеата" - основной характеристике работы мембранных установок - которая равна отношению расхода пермеата к расходу исходной воды и которая связана с коэффициентом K следующим соотношением: $Q_{перм} / Q_{исх} = 1 - 1/K$.

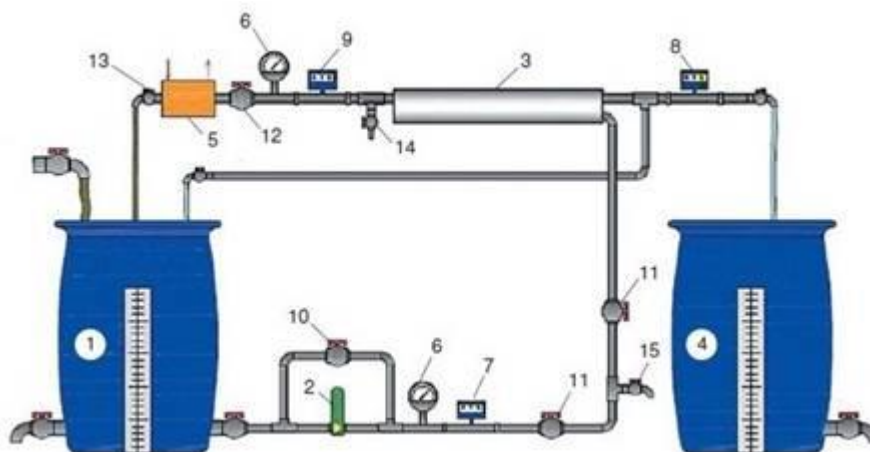


Рис. 3. Принципиальная схема лабораторной экспериментальной установки: 1 - бак исходной воды; 2 - насос; 3 - мембранный модуль в напорном корпусе; 4 – бак пермеата; 5 – теплообменник; 6 - манометр; 7–9 – расходомеры; 10 - обратный клапан; 11 - регулирующий вентиль расхода исходной воды; 12 - регулирующий вентиль расхода рабочего давления и расхода концентрата; 13 - вентиль расхода охлаждающей воды; 14, 15 – пробоотборники

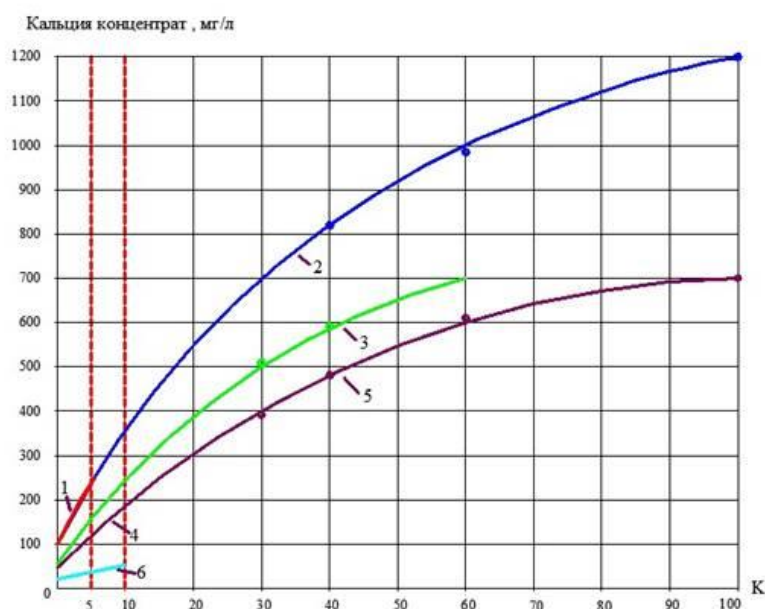
Объем обработанной исходной воды составлял 250 литров, по 125 литров на каждую серию экспериментов. Были проведены две серии экспериментов, каждая серия была посвящена экспериментальному получению основных технико-экономических параметров для сравнения двух технологических схем : Вариант 1 - схема, представленная на рисунке 1 (а); Вариант 2 - схема, представленная на рисунке 2 (б). В качестве исходной использовалась вода Московского водопровода [12]. Каждая серия включала ряд этапов.

- 1 этап: уменьшение объема исходной воды (125 литров) в 5 раз и сбор пермеата в отдельный бак пермеата 4 (Рис.3); этот этап моделирует работу первой ступени для получения очищенной воды;
- 2 этап: уменьшение объема концентрата в 5-6 раз (с 25 литров до 4-5 литров); этот этап моделирует условия работы третьей ступени, используемой для сокращения расхода концентрата в соответствии с Вариантом 2;
- 3 этап: уменьшение объема пермеата, полученного на первом этапе, в 10 раз; этот этап моделирует работу второй ступени;
- 5 этап: смешение концентрата, полученного на 2 этапе, и пермеата, полученного на 3 этапе;
- 6 этап: уменьшение объема смеси, полученной на 5 этапе, в 10 раз; этот этап моделирует работу 4 ступени для получения очищенной воды заданного состава;
- 7 этап: уменьшение объема концентрата, полученного на 6 этапе, в 10 раз (со 10 литров до 1 литра); этот этап моделирует сокращение расхода концентрата в соответствии с Вариантом 2;

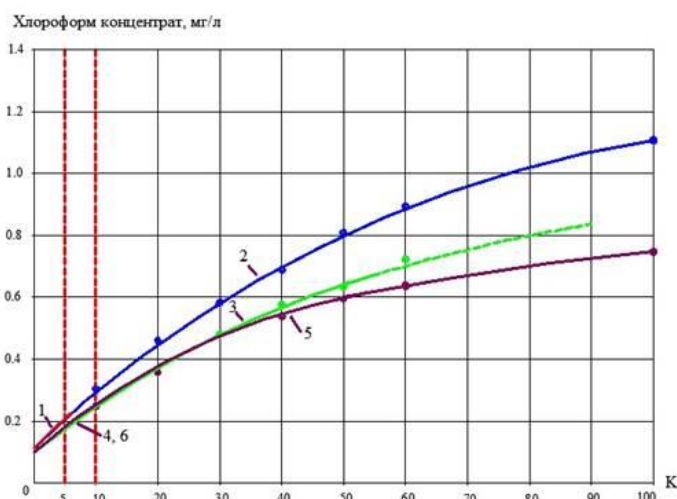
РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В первой серии определялись параметры воды для схемы водоподготовки 1 (вариант 1), представленной на рисунке 1(а). На первом этапе были проведены эксперименты с рулонным элементом 1812 с нанофильтрационной мембраной 90 NE. В процессе эксперимента объем исходной воды в баке 1 (рис. 3) был уменьшен в 5 раз. Очищенная вода (пермеат) собиралась в баке 4. После того, как объем исходной воды в баке

1 сократился до 6 литров, был проведен эксперимент с использованием мембраны 90 NE, а объем питательной воды был уменьшен до значения 1 литр. Результаты изменения концентраций кальция, хлороформа и значения общего соледержания представлены на рис. 3 и 4, кривая 1. Вторая серия экспериментов была проведена получения очищенной воды в соответствии с технологической схемой 2 (вариант 2), представленной на рисунке 1(б). В ходе экспериментов определялись расходы пермеатов в зависимости от величины коэффициента К (кратности сокращения объема исходной воды в баке 1). Зависимости снижения удельной производительности мембран (производительности одного квадратного метра мембранной поверхности) в процессе эксперимента от значения К на разных этапах проведения экспериментов и для обеих технологических схем представлены на рисунке 5.



(а)



(б)

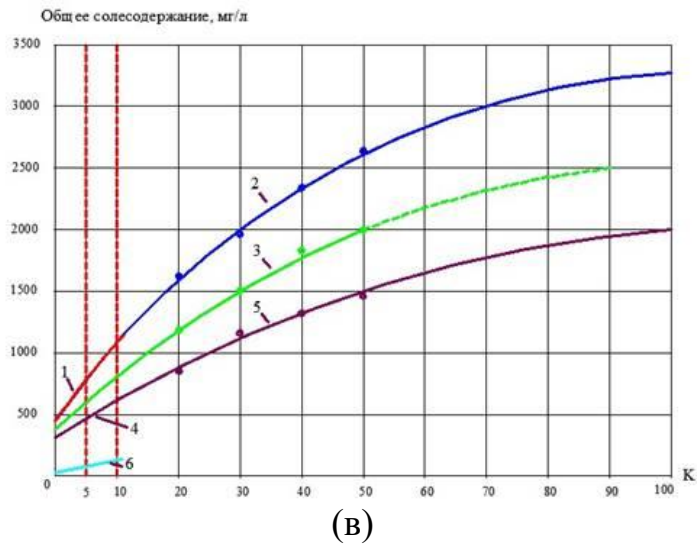
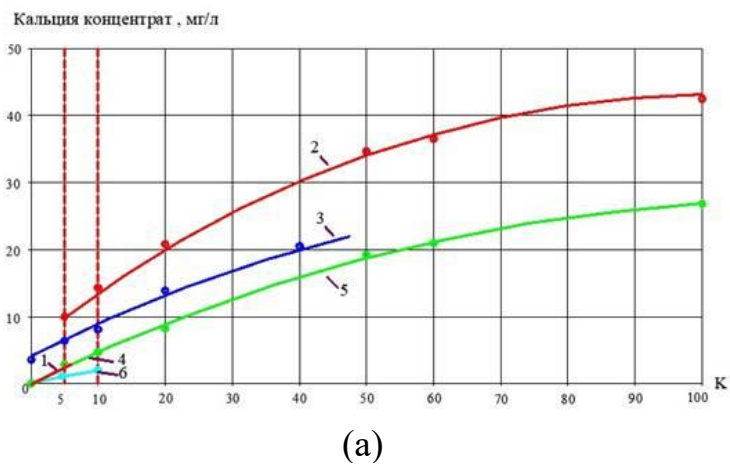
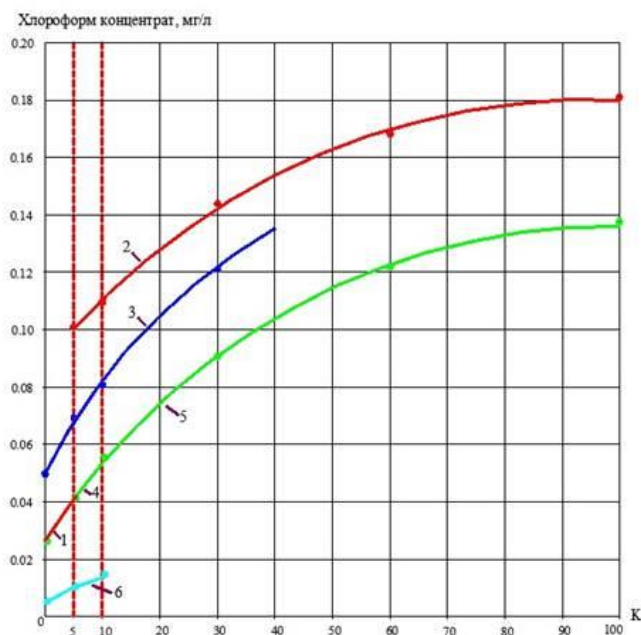


Рис. 4. Зависимости значений концентраций различных веществ в концентрате от К: а) - концентрация иона кальция от К; б) концентрация хлороформа по К; в) зависимость значений величины общего солесодержания от К; 1- первый этап (вариант 1); 2 - третья ступень (вариант 1); 3 - первая и третья ступени, вариант 2; 4 - четвертая ступень (вариант 2); 5 - пятая ступень (вариант 2); 6 - вторая ступень (вариант 2)



(а)



(б)

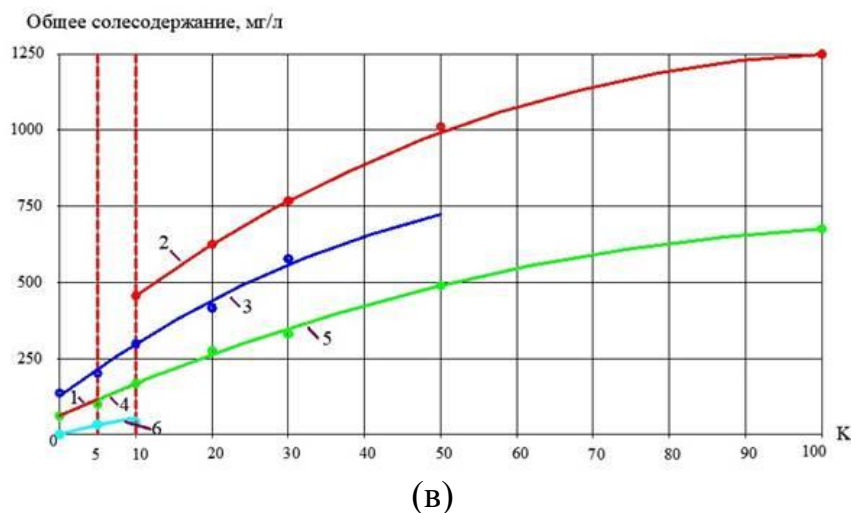


Рис. 5. Зависимости значений концентрации различных веществ в пермеате от K: а) концентрация кальция от K; б) концентрация хлороформа по K; в) - значение TDS на K; 1 - первая ступень (вариант 1); 2 - третья ступень (вариант 1); 3 - первая и третья ступень (вариант 2); 4 - четвертая ступень (вариант 2); 5 - пятая ступень (вариант 2); 6 - вторая ступень (вариант 2);

На рисунках 3 и 4 представлены результаты определения значений концентраций кальция, хлороформа и величины общего солесодержания в зависимости от значения коэффициента K. Технологическая схема водоподготовки, соответствующая варианту 1 (рис. 1,а), представлена кривыми 1 и 3 (рис. 3).). Как следует из рисунка, при достижении в значения K =100 значение величины общего солесодержания концентрата в Варианте 1 (кривая 2, рис. 3) оказывается в три раза выше, чем концентрата, полученного при использовании Варианта 2 (кривая 5, рис. 3). Это связано с более высоким значением величины общего солесодержания очищенной воды, полученной при осуществлении Варианта 2 (рис.5, кривая 4), чем в случае получения очищенной воды в соответствии с традиционным Вариантом 1 (рис. 4, кривая 1).

В процессе проведения экспериментов были определены скорости образования осадка карбоната кальция в каналах мембранных элементов с целью разработки рекомендаций по проведению химических промывок [14,15]. Для определения скоростей образования осадков малорастворимых солей в напорных каналах рулонных элементов была использована методика, основанная на определении массового баланса [7-10,14-16]. Основные этапы определения скоростей образования отложений карбоната кальция подробно описаны в публикациях [13,16]. Для прогнозирования снижения производительности мембран вследствие образования на них кристаллических отложений и определения графика проведения сервисных мероприятий были использованы результаты исследований, в которых изучалось влияние осадка на эффективность работы мембран [10,16]

ВЫВОДЫ

1. Для снижения расхода концентрата и затрат на его утилизацию предложен новый способ повышения величины общего солесодержания пермеата и, соответственно, снижения общей минерализации концентрата.

2. Разработан новый метод разделения содержащихся в воде загрязнений по принципу их селективности (величине задержания их мембранами) с целью изменения ионного состава. Внедрена новая процедура разделения низкозабракованных и высокозабракованных ингредиентов для контроля ионного состава проаушенной через мембраны воды. Разработанный метод позволяет увеличить концентрации ионов жесткости и величину общего солесодержания очищенной воды при неизменном содержании в ней

трудноудаляемых мембранами растворенных загрязнений, таких, как хлороформ, литий, аммоний и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Первов А.Г. Технологии очистки природных вод , 2015, стр. 191-200.
2. Wilf M. The guidebook to membrane for wastewater reclamation. Balaban Desalination Publishing, 2010, 788 p.
3. Yinping Zheng , Sanchuan Yu , Shi Shuai , Qing Zhou , Qibo Cheng , Meihong Liu , Congjie Gao . Color removal and COD reduction of biologically treated textile effluent through submerged filtration using hollow fiber nanofiltration membrane. Desalination, 2013, v.314, pp. 89-95.
4. I.KoyuncuF.YalcinI.Ozturk. Color removal of high strength paper and fermentation industry effluents with membrane technology. Water Science and Technology, 1999, V. 40, Issues 11–12, pp. 241-248.
5. C.A.Quist-Jensen, J.M.Sørensen, A.Svenstrup, L.Scarpa, T.S.Carlsen, H.C.Jensen, L.Wybrandt, M.L.Christensen. Membrane crystallization for phosphorus recovery and ammonia stripping from reject water from sludge dewatering process. Desalination. 2018, V. 440, pp. 156-160.
6. Samuel Bunani, ErenYörükoğlu, Gökhan Sert, Ümran Yüksel, MithatYüksel, Nalan Kabay. Application of nanofiltration for reuse of municipal wastewater and quality analysis of product water. Desalination, 2013, V. 315, pp. 33-36.
7. Spitsov,D.; Aung, H.Z.; Pervov, A. The selection of Efficient Antiscalant for RO Facility, Control of Its Quality and Evaluation of the Economical Efficiency of Its Application. Membranes 2023,13, 85. <https://doi.org/10.3390/membranes13010085>.
8. Goh P. S., Lau W. J., Othman M. H. D., Ismail A. F. Membrane fouling in desalination and its mitigation strategies. Desalination.2018. v. 425. pp. 130–155. DOI:10.1016/j.desal.2017.10.018
9. Jiang S., Li Y., Ladewig B. P. A review of reverse osmosis membrane fouling and control strategies. Science Total Environ. 2017. v.595. pp. 567–583.DOI:10.1016/j.scitotenv.2017.03.235
10. Pervov, A.G. Removal of calcium carbonate from reverse osmosis plant concentrates containing inhibitory substances. Membr. Technol. 2017, 3, 192–205.
11. Talaiepour M, Nouri J., Hassani A.H., Mahvi A.H. An investigation of desalination by nanofiltration, reverse osmosis and integrated (hybrid NF/RO) membranes employed in brackish water treatment. Journal of Environmental Health Science Engineering, 2017, July 21; 15:18. doi: 10.118/s402010170279.
12. Alexei Pervov and Dmitry Spitsov. Production of Drinking Water With Membranes with Simultaneous Utilization of Concentrate and Reject Effluent after Sludge Dewatering. Membranes,2023, 13,133. <https://doi.org/10.3390/membranes13020133>.
13. S. F. Anis, R. Hashaikeh, N. Hilal. Reverse osmosis pretreatment technologies and future trends: A comprehensive review // Desalination. 2019. T.452. C.159-195.
14. Pervov A.G., Shirkova T.N., Tikhonov K.V. Design of reverse osmosis and nanofiltration membrane techniques to treat landfill leachates and increase recoveries. Membranes and Membrane Technologies, 2020, Vol. 2, № 5, 296-309.
15. Pervov A., Tikhonov K., Dabrowski W. Application of reverse osmosis to treat high ammonia concentrated reject from sewage sludge digestion./ Desalination and Water Treatment.2018., Vol.110, p.1-9.
16. A.G. Pervov, A.P. Andrianov, R.V. Efremov and V.A. Golovesov. New Technique for Reducing Reverse Osmosis Concentrate Discharge. Membranes and Membrane Technologies, 2021, Vol.3, No.3,pp.178-185. Pleiades Publishing, Ltd., 2021.

СТРАТЕГИИ ЭФФЕКТИВНОГО СОКРАЩЕНИЯ ОТХОДОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ

С.А. Габимова¹, С.В. Ильвицкая²

¹ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»,

¹ООО «ТПО ПРАЙД»,

²ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»,

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*gabibova456@gmail.com*

²*ilvitskaya@mail.ru*

Аннотация

Данная научная статья посвящена исследованию стратегий для эффективного сокращения отходов в строительстве и управлении проектами. Основные проблемы, решение которых направлено на исследование, включают в себя неэффективное управление отходами и недостаточное внедрение устойчивых практик в строительной индустрии. Строительный сектор генерирует значительное количество отходов, влияя как на окружающую среду, так и на затраты на проект. Целью исследования является выявление ключевых стратегий и механизмов для уменьшения объемов отходов в данной отрасли.

Методы исследования включают в себя анализ законодательной базы, изучение технологических инноваций и оценку текущих практик управления отходами в строительстве. Полученные результаты подчеркивают важность внедрения передовых технологий, ужесточения законодательных мер и призывают к усилению устойчивых подходов к управлению отходами в строительстве и проектном управлении.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время строительная индустрия сталкивается с рядом сложных проблем, связанных с неэффективным управлением отходами. Один из основных вызовов — это увеличение объемов строительных отходов, что создает негативное воздействие на окружающую среду и требует системного подхода к их управлению. Несбалансированное использование ресурсов, неправильная обработка и накопление отходов стали значительными аспектами, требующими немедленного внимания и эффективных стратегий решения.

Научная проблема, затрагиваемая в данной статье, заключается в необходимости разработки и реализации стратегий для сокращения объемов строительных отходов. Существующие методы управления отходами в строительстве часто недостаточно эффективны, что подчеркивает актуальность исследований в данной области. Недостаточное внимание к проблеме управления отходами может привести к долгосрочным негативным последствиям для окружающей среды и устойчивости строительной индустрии.

Целью данной статьи является выявление ключевых направлений и разработка эффективных стратегий для сокращения объемов строительных отходов в контексте управления проектами в строительстве. Исследование направлено на предоставление обоснованных рекомендаций, которые могут быть внедрены в практике строительных компаний для оптимизации управления отходами.

Результаты данного исследования могут быть использованы как в академических, так и в практических сферах. Эффективные стратегии управления отходами в строительстве могут способствовать повышению экологической устойчивости отрасли и обеспечить практические рекомендации для проектных менеджеров и строительных компаний. Таким образом, исследование имеет важное значение для дальнейшего развития строительной индустрии и обеспечения ее устойчивого будущего.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом данного исследования является процесс управления строительными отходами в контексте строительных проектов. Исследование охватывает различные аспекты, связанные с генерацией, сбором, транспортировкой, обработкой и утилизацией строительных отходов. Проведен анализ существующих методик и стратегий управления строительными отходами в мировой практике. Были выделены наилучшие практики и особенности их применения. Исследование включает в себя изучение передовых практик управления отходами в строительстве, применяемых в различных странах, с учетом их контекста и успешных результатов. Разработаны новые подходы к управлению строительными отходами, учитывающие современные требования к устойчивому развитию и принципы циркулярной экономики.

Последовательность выполнения исследования включает несколько этапов: *подготовительный этап* - обзор существующих стратегий и методик, выявление основных проблем и вызовов в управлении строительными отходами; *аналитический этап* - проведение анализа мировых практик, выделение успешных кейсов, определение общих тенденций и специфических особенностей; *разработка новых подходов* - на основе проведенного анализа и изучения, разработка новых стратегий и методик управления строительными отходами, ориентированных на повышение эффективности и уменьшение экологического воздействия.

Выбор методов обусловлен необходимостью всестороннего исследования проблемы управления строительными отходами. Анализ существующих стратегий позволяет определить их эффективность и недостатки. Изучение мировой практики предоставляет контекстуальное понимание различных подходов. Разработка новых методик осуществляется на основе синтеза лучших практик и инновационных подходов, соответствующих современным требованиям устойчивого развития.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Управление отходами в строительной индустрии играет ключевую роль в устойчивом развитии и защите окружающей среды. Регулирование управления строительными отходами в России охватывает разнообразные меры и механизмы, направленные на создание нормативной базы. Регулирующая база в области управления отходами в строительстве в России тесно связана с законодательными актами, охватывающими различные аспекты обращения с отходами. В частности, Федеральный закон № 89-ФЗ от 24 июня 1998 года "Об отходах производства и потребления" устанавливает основные нормы и правила обращения с отходами, включая их сбор, транспортировку, обработку и утилизацию. Закон также предусматривает ответственность за неправомерное обращение с отходами и устанавливает механизмы контроля со стороны государственных органов.

Учитывая разнообразие региональных особенностей, значительную роль в регулировании управления строительными отходами играют и местные органы власти. Региональное законодательство может дополнять федеральные нормы и адаптировать их к конкретным условиям региона. Это позволяет более гибко управлять отходами, учитывая специфику строительной отрасли в конкретном регионе.

Процедура разработки и утверждения технологического регламента для управления отходами строительства и сноса, включая этапы сбора, временного хранения, транспортировки, захоронения, переработки и последующего использования, а также ответственность за нарушение установленного порядка обращения с отходами строительства и сноса в городе Москве и Московской области описана в Постановлении от 25 июня 2002 г. N 469-ПП "О порядке обращения с отходами строительства и сноса в г. Москве" и в Распоряжении Минэкологии МО от 25.02.2021 N 134-РМ (в редакции от 13.09.2022) ""Об утверждении Порядка обращения с отходами строительства, сноса зданий и сооружений, в том числе грунтами, на территории Московской области", в ГОСТ Р 57678-2017 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Ликвидация строительных отходов».

Наряду с законодательством, регулирование управления строительными отходами опирается на систему стандартов и технических регламентов. Например, национальные стандарты устанавливают требования к классификации строительных отходов, методам их измерения, а также стандартам для технологий переработки и утилизации. В 2022 году Росстандарт принял решение о введении новой серии национальных стандартов, посвященных "Отходам строительных материалов, образующимся при демонтаже зданий". В состав данной серии входят следующие документы:

- ГОСТ Р 70052-2022 "Отходы строительных материалов, образуемые при сносе зданий. Правила сортировки и транспортирования";
- ГОСТ Р 70101-2022 "Отходы строительных материалов, образуемые при сносе зданий. Правила подготовки к дроблению";
- ГОСТ Р 70102-2022 "Отходы строительных материалов, образуемые при сносе зданий. Классификация";
- ГОСТ Р 70103-2022 "Отходы строительных материалов, образуемые при сносе зданий. Требования к сортируемым отходам и их дроблению".

Технические регламенты поддерживают стандарты, определяя технические характеристики оборудования для обработки отходов, безопасность технологических процессов и другие ключевые параметры. Помимо общегосударственных законов и стандартов, существуют различные государственные программы и инициативы, направленные на содействие устойчивому управлению строительными отходами. Такие программы часто включают в себя меры по стимулированию использования эффективных технологий переработки, финансовую поддержку для предприятий, внедряющих передовые методы обращения с отходами, и меры по повышению общественного сознания об устойчивых практиках в строительстве.

Уровень глобального сотрудничества в области управления отходами также отражается в международных соглашениях, таких как Конвенция по охране природы и природных ресурсов (Рио-де-Жанейро, 1992 г.) и Хельсинкская конвенция о трансграничном перемещении опасных отходов и их утилизации (1992 г.), оказывают влияние на формирование национальной системы управления отходами.

Значительное внимание уделяется механизмам мониторинга и контроля за соблюдением установленных норм и правил. Государственные и негосударственные организации осуществляют регулярные проверки предприятий, занимающихся управлением строительными отходами, а также внедряют системы электронного мониторинга для отслеживания объемов отходов, их состава и путей обращения. Процессы легализации, такие как выдача разрешений на обращение с определенными видами отходов и лицензирование предприятий, также входят в регулируемую базу. Эти процессы способствуют контролю за деятельностью в сфере обращения с отходами и создают условия для ответственного ведения бизнеса в данной области. С целью повышения эффективности управления строительными отходами и достижения устойчивости, широко распространены планы снижения объемов отходов и механизмы отчетности. Компании в строительной отрасли обязаны разрабатывать планы уменьшения генерации отходов и предоставлять отчеты о своей деятельности в этом направлении. С целью обеспечения прозрачности и широкой поддержки общества в вопросах управления строительными отходами, регулирующая база включает в себя механизмы взаимодействия с общественностью. Это может включать проведение общественных слушаний, информационных кампаний и других форм взаимодействия с гражданами и негосударственными организациями.

Прочная нормативно-правовая база необходима для эффективного решения проблем строительных отходов. В России законодательные меры играют ключевую роль в формировании практик управления отходами.

Анализ типов и объемов строительных отходов предоставляет ценные сведения о текущем положении вещей. Строительная индустрия, значительный вкладчик в

экономическое развитие, параллельно порождает значительные объемы отходов, начиная от строительных остатков до упаковочных материалов. Понимание факторов, влияющих на генерацию строительных отходов, является ключевым для разработки эффективных стратегий управления отходами. Быстрое урбанизированное развитие, промышленный рост и увеличение строительной активности увеличивают объем порождаемых отходов. Кроме того, устаревшие строительные практики, недостаточная осведомленность о устойчивых методах строительства и несовершенная инфраструктура переработки дополнительно усугубляют ситуацию.

Строительные отходы охватывают широкий спектр материалов (бетон, кирпичи, дерево, металлы, пластик и упаковочные материалы и т.д.), каждый из которых требует различных подходов к обработке и утилизации. Категоризация видов отходов способствует разработке стратегий управления отходами, поощряет восстановление ресурсов и смягчает воздействие на окружающую среду.

Точное количественное определение строительных отходов имеет ключевое значение для формирования целевых политик управления отходами. Тщательные оценки, учитывающие региональные различия в строительной деятельности, предоставляют представление о закономерностях генерации отходов. Количественные данные о объеме, составе и источниках строительных отходов способствуют обоснованному принятию решений и разработке устойчивых методов управления отходами.

Цифровые системы отслеживания, моделирование информации о строительстве (BIM) и технологии переработки отходов в энергию, рассматриваются с целью выявления их потенциала. Изучение технологических инноваций и лучших практик необходимо для продвижения устойчивого управления строительными отходами.

Существует ряд проблем: недостаточная инфраструктура для обработки отходов, низкая осведомленность среди заинтересованных сторон и экономические ограничения. Одновременно выявление возможностей, таких как потенциал создания рабочих мест через инициативы по утилизации, стимулирует обсуждение вопроса сбалансированного сочетания экономического роста с экологической ответственностью.

Путем всестороннего понимания типологии, количественных аспектов, правового поля, технологических инноваций, заинтересованные стороны могут совместно работать над устойчивыми решениями. Анализ служит основой для обоснованных решений, способствуя сдвигу в сторону экономики замкнутого цикла в российском строительном секторе.

Эффективное управление строительными отходами — сложный процесс, полный многоаспектных трудностей, требующих тщательного изучения. Одной из основных проблем в управлении строительными отходами являются неопределенности в регулировании и связанные с этим проблемы соблюдения. Отсутствие стандартизированных законов и несогласованные практики их исполнения представляют существенные трудности. Заинтересованные стороны часто сталкиваются с разнообразными правовыми рамками в разных регионах, что приводит к путанице и возможному невыполнению. Решение этих проблем требует четких законов, способствующих упорядоченным практикам управления отходами в соответствии с установленными рекомендациями.

На многих стройплощадках отсутствуют специализированные системы сортировки материалов, что приводит к смешиванию различных видов отходов. Это затрудняет эффективные усилия по их переработке, так как смешанные материалы часто труднее обрабатывать и утилизировать. Решение этой проблемы требует внедрения надежных практик сортировки отходов с помощью образовательных инициатив, четкой маркировки и спецификаций для каждого строительного участка.

Строительная индустрия, традиционно консервативная в внедрении технологических инноваций, сталкивается с проблемами в интеграции передовых технологий управления отходами. Ограниченное применение передовых решений, таких как системы

отслеживания отходов, интеллектуальные контейнеры и автоматизированные процессы сортировки, мешает оптимизации управления отходами. Преодоление этой проблемы требует целенаправленных инвестиций в исследования и разработку, наряду с информационными кампаниями в индустрии, направленными на продвижение преимуществ и осуществимости инновационных технологий управления отходами.

Многие регионы лишены специализированных объектов, оборудованных для эффективной переработки разнообразных строительных материалов. Это приводит к транспортировке отходов на большие расстояния, способствуя увеличению операционных и логистических затрат. Решение этой проблемы требует стратегического планирования для создания центров переработки и объектов по обработке отходов, содействуя локализованной и устойчивой системе управления отходами.

Ограниченная осведомленность о воздействии строительных отходов на окружающую среду, в сочетании с закрепившимися привычками, часто приводит к безразличию или сопротивлению устойчивым методам утилизации отходов. Решение этой проблемы включает в себя целенаправленные образовательные кампании, программы по общественному просвещению и стимулирование ответственных методов утилизации для инициирования изменения поведенческих паттернов.

Начальные затраты на внедрение передовых технологий и устойчивых практик часто воспринимаются как экономически обременительные. Нахождение баланса между экономическими соображениями и экологическим ведением требует инновационных финансовых моделей, государственных поощрений и широкомасштабных коллабораций в отрасли для смягчения финансовых трудностей, связанных с практиками устойчивого управления отходами.

Сложности, с которыми сталкиваются в управлении строительными отходами, разнообразны и взаимосвязаны, требуя всестороннего подхода для эффективного преодоления. Разбор этих сложностей служит основой для обоснованного принятия решений, направляя строительную индустрию к изменению практик управления отходами, соответствующему принципам экономики замкнутого цикла и устойчивому развитию.

Основной аспект стратегий сокращения отходов включает в себя укрепление правовой базы, регулирующей строительные деятельности. Выравнивание норм с мировыми лучшими практиками и их адаптация к разнообразным характеристикам строительных проектов в России является необходимым. Кроме того, установление строгих механизмов контроля и систем мониторинга способствует эффективности стратегий сокращения отходов.

Поощрение практик повторного использования материалов, их переработки и устойчивого развития способствует созданию системы замкнутого цикла, минимизируя генерацию строительных отходов. Внедрение стимулов для предприятий, принимающих практики замкнутого цикла, в сочетании с образовательными программами о экономических и экологических выгодах, может стимулировать принятие этих стратегий в отрасли.

Интеграция передовых технологий играет ключевую роль в усилиях по сокращению отходов. Внедрение современных систем отслеживания отходов, включая использование датчиков, RFID-технологий и аналитики данных, обеспечивает мониторинг потоков строительных отходов в реальном времени. Эти технологии повышают прозрачность, оптимизируют сортировку отходов и предоставляют ценные данные для обоснованных решений, способствуя общей эффективности стратегий сокращения отходов.

Интегрированный подход к проектированию и планированию строительства является фундаментальным для сокращения отходов. Сотрудничество на ранних этапах между архитекторами, инженерами и подрядчиками позволяет определить эффективные методы строительства и меры по сокращению отходов. Применение технологий моделирования строительства информационных зданий (BIM) дополнительно повышает точность

планирования проекта, минимизируя неожиданную генерацию отходов в процессе строительства.

Важно обеспечить специалистов в строительной отрасли соответствующими знаниями и пониманием методов уменьшения отходов, основ принципов устойчивого строительства и использования экологически чистых материалов. Целенаправленные образовательные и обучающие программы должны распространяться не только на профессионалов, но и на строительных рабочих, способствуя коллективному стремлению к сокращению отходов на каждом уровне строительного процесса.

Привлечение общественности через информационные кампании должны подчеркивать экологическое воздействие строительных отходов, поощрять ответственные методы утилизации среди граждан и выделять роль общества в формировании культуры устойчивости. Сотрудничество между государственными органами, предприятиями и организациями, занимающимися охраной окружающей среды, может усилить охват и воздействие таких кампаний.

Внедрение экономических стимулов – мощная стратегия по поощрению практик сокращения отходов. Государственные поощрения, такие как налоговые льготы или субсидии для компаний, принимающих устойчивые методы управления отходами, могут стимулировать широкое принятие. Кроме того, награждение и сертификация строительных проектов, которые блестяще справляются с сокращением отходов, может создать конкурентную среду, мотивируя представителей отрасли принимать инновационные и экологически дружелюбные подходы.

Создание отраслевых платформ, консорциумов или советов, содействующих обмену знаниями, распространению лучших практик и совместным исследовательским инициативам, может значительно повысить эффективность усилий по сокращению отходов. Поощрение сотрудничества между государственными и частными организациями способствует общему стремлению к устойчивым методам строительства.

Выделены следующие стратегии эффективного сокращения отходов:

1. Сортировка и переработка отходов: создание центров по переработке на стройплощадке позволяет разделять и перерабатывать строительные отходы; использование строительных материалов с переработанными компонентами способствует развитию замкнутого цикла экономики.

2. Применение принципов Lean Construction фокусируется на эффективности, минимизируя отходы в терминах времени, материалов и труда; координация поставок в соответствии с графиком строительства снижает избыточное количество материалов на строительной площадке.

3. Производство с применением предварительного монтажа и модульного строительства: производство строительных компонентов на предприятии может снизить отходы, оптимизируя использование материалов.

4. Цифровые технологии: моделирование строительства информационных объектов (BIM) обеспечивает точное планирование проекта, снижая ошибки и избыточное использование материалов; эффективные инструменты управления проектом помогают оптимизировать графики и снижать отходы строительства.

5. Образование и обучение: предоставление образования по практикам уменьшения отходов и пониманию важности минимизации отходов может привести к улучшению практик на стройплощадке.

6. Стратегии экономики замкнутого цикла: проектирование зданий с учетом возможного демонтажа и перспективного развития способствует повторному использованию материалов в конце жизни конструкции.

7. Продление срока службы продукции: выбор прочных энергоэффективных материалов, которые требуют реже замены, способствует уменьшению отходов.

8. Законодательство и стимулирование со стороны государства: государства могут вводить и обеспечивать соблюдение политики, которая поощряет ответственное

управление отходами; предоставление налоговых льгот за использование устойчивых практик может мотивировать строительные компании внедрять меры по уменьшению отходов.

9. Сотрудничество с поставщиками и подрядчиками: сотрудничество с поставщиками с целью минимизации упаковочных отходов и поощрение устойчивого источника поставок; вовлечение подрядчиков в инициативы по уменьшению отходов и поощрение ответственных практик утилизации.

10. Отчетности по обращению с отходами строительства: проведение периодических аудитов отходов помогает выявлять области для улучшения и отслеживать прогресс в уменьшении отходов.

11. Программы общественного просвещения: взаимодействие с местными сообществами для создания осознания ответственных строительных практик и уменьшения отходов.

ВЫВОДЫ

В статье выделены ключевые аспекты, способствующие внедрению устойчивых практик в строительной отрасли. Практическое значение исследования заключается в его потенциале направить профессионалов в области строительства и управления проектами, а также законодателей и заинтересованных сторон на внедрение инновационных стратегий для минимизации образования отходов и улучшения общей экологической устойчивости. Основные направления исследования охватывали различные аспекты, такие как законодательные рамки, технологические инновации, формирование отходов и управление ими. Анализ этих аспектов предоставил ценные знания о сложностях сокращения отходов в строительстве. Внедрение передовых технологий, строгих законодательных мер и внедрение устойчивых практик выделились как ключевые стратегии.

В перспективе прогноз развития этих вопросов указывает на перспективный путь. Поскольку отрасль всё больше осознает важность устойчивых практик, применение стратегий, выделенных в данном исследовании, предполагается, что станет более широким. В будущем развитие может привести к совершенствованию и внедрению передовых технологий, укреплению законодательных рамок и совместным усилиям заинтересованных сторон для создания более устойчивого и экологически безопасного строительного сектора.

Таким образом, данное исследование не только вносит вклад в академическое понимание сокращения отходов в строительстве, но также служит практическим руководством для отрасли, стимулируя внедрение эффективных стратегий. Предполагаемый рост применения этих стратегий свидетельствует о положительном шаге в направлении более экологически ответственного и устойчивого будущего в строительстве и управлении проектами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Валько Д.В.* Потенциал устойчивого развития экономики совместного использования // Управление в современных системах. 2022. № 1 (33).
2. *Нестеренко М.А., Комлацкий Г.В.* Межотраслевое взаимодействие как базовое условие циркулярной экономики // Инновации и инвестиции. 2021. № 12.
3. Федеральный закон № 89-ФЗ от 24 июня 1998 года «Об отходах производства и потребления».
4. Постановление Правительства Москвы №469-ПП от 25 июня 2002 г. «О порядке обращения с отходами строительства и сноса в г. Москве».
5. Распоряжение Минэкологии МО от 25.02.2021 N 134-РМ "Об утверждении Порядка обращения с отходами строительства, сноса зданий и сооружений, в том числе грунтами, на территории Московской области".
6. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ (с посл. изм. и доп. от 26.03.2022 № 771-ФЗ) // Официальный интернет-портал правовой информации. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823. Дата обращения: 12.12.2023.
7. *Лясковская Е.А.* Управление устойчивым развитием в терминах инклюзивного роста и зеленой экономики // Вопросы управления. 2017. № 4 (47).
8. *Дмитриев А.Н., Гурьев В.В., Гранев В.В.* Развитие нормативной базы управления проектами на стадии

- демонтажа и утилизации жизненного цикла объектов недвижимости // Материалы XI международной научно-практической конференции «Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании», посвященной 25-летию кафедры и 114-летию РЭУ им. Г.В. Плеханова Москва, 16 июня 2021 г. – Москва, 2021. – С. 24-35.
9. *Келасьев Н.Г., Кодыш Э.Н., Трекин Н.Н., Терехов И.А., Шмаков С.Д., Чаганов А.Б.* Условные обозначения (маркировка) строительных материалов и конструкций для информационного использования на всех этапах жизненного цикла // *Academia. Архитектура и строительство.* – 2020. – №3. – С. 124-130.
 10. *Ivitskaya S.V., Lobkova T.V.* PHILOSOPHY OF UNITY WITH NATURE AS BASIS OF ENERGY-EFFICIENT HOUSE ARCHITECTURE. //В сборнике: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* 2018. С. 012161.
 11. *Ильвицкая С.В., Лобков В.А., Лобкова Т.В.* НАТУРАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В "ЗЕЛеноЙ" АРХИТЕКТУРЕ // *Academia. Архитектура и строительство.* 2019. № 2. С. 130-133.
 12. *Ильвицкая С.В., Ильвицкий Д.Ю., Лобков В.А.,* ПРИРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В "ЗЕЛеноЙ" АРХИТЕКТУРЕ ЖИЛИЩА. // *Строительные материалы.* 2018. № 10. С. 69-73.

ПУТИ СОКРАЩЕНИЯ СБРОСОВ В ГОРОДСКУЮ КАНАЛИЗАЦИЮ ОТ СТАНЦИЙ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

А.М. Павелкова¹, Д.В. Спицов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹pavelkovaanna@mail.ru

²SpitsovDV@mgsu.ru

Аннотация

В практике эксплуатации систем горячего водоснабжения в России наиболее часто встречаются централизованные системы. В состав такой системы входит станция водоподготовки, водогрейный котел большой мощности, собственно циркуляционная сеть и насосы. Для защиты системы ГВС от коррозии и образования накипи исходная вода подвергается обработке с изменением ионного состава. Известно, что большая часть сооружений подготовки воды для горячего водоснабжения входит в состав котельных и построены более 50 лет назад с классическим параллельноточным натрий-катионированием воды и нуждаются в модернизации. Преимуществами ионного обмена являются низкое потребление электричества, возможность работы при изменяющейся нагрузке, простота эксплуатации. Главным недостатком данного метода водоподготовки является значительная потребность в хлориде натрия для приготовления регенерационного раствора с последующим сбросом отработанного раствора в канализацию, что в конечном итоге приводит к засолению водоемов. Модернизация существующего оборудования с целью снижения сбросов в городскую канализацию приведет к снижению эксплуатационных затрат и, соответственно, себестоимости подготовленной воды. В исследовании представлены рассуждения о выборе технологии сокращения объемов образования сточных вод от станций водоподготовки, на основании требований нормативных документов и особенностей эксплуатации.

ВВЕДЕНИЕ

Требования к качеству подготовленной воды зависят от типа системы горячего водоснабжения и температуры сетевой воды и определяются согласно требованиям [1], [2], [3]. Требования к жесткости находятся в пределах от 300 до 800 мкг-экв/кг, что существенно ниже требований к питьевой воде. В схеме подготовки воды наиболее часто применяется схема, представленная на рис. 1, где на первом этапе вода очищается от грубых механических примесей, а затем подвергается обезжелезиванию и умягчению при помощи натрий-катионирования, чаще параллельноточного [4].



Рис. 1. Типовая схема подготовки воды для горячего водоснабжения

Модернизацию параллельноточных ионообменных схем водоподготовки можно осуществить с переходом на более современные мембранные технологии или путем замены на противоточный режим регенерации. При замене установки ионного обмена на обратный осмос или нанофильтрацию в состав образующихся сточных вод входят только соли, содержащиеся в исходной воде и вопрос сброса сточных вод в систему городской канализации в данной статье, не рассматривается.

При переходе на противоточный режим регенерации объем образующихся сточных вод снижается в 2-3 раза за счет более полного использования рабочей ёмкости ионита [5]. Регенерация происходит реже и эффективнее, что позволяет сократить расход реагентов, объемов воды для промывки фильтров и изготовления регенерационного раствора, последующего образования сточных вод.

В качестве реагента для натрия – катионирования применяется хлорид натрия, как распространённый и дешевый реагент [6]. График удельного расхода хлорида натрия, приведен на рис. 2.



Рис. 2. График удельного расхода NaCl на регенерацию

Оптимальная концентрация регенерационного раствора составляет для фильтров первой ступени 6-8%, для фильтров второй ступени до 10-12%.

Образование солевых стоков с высоким уровнем минерализации (около 10 г/л) и значительного потребление воды для собственных нужд являются серьезными экологическими проблемами, возникающими в процессе подготовки воды. Результатом сброса солевых растворов может стать постепенное засоление водоемов, что является серьезным экологическим стрессом для гидробионтов, снижающим их продуктивность и жизнеспособность.

Сброс отработанного регенерационного раствора в систему городской канализации возможен при соответствии ПДК нормам [7]. Если в сточных водах концентрация хлоридов превышает предельно допустимую концентрацию для приема в систему централизованного водоотведения, то необходимо осуществить предварительную очистку сточных вод или их разбавление. Таким образом, анализ способов сокращения объема сброса отработанного регенерационного раствора, является важным для обеспечения надежности и защитной функции сооружений в целом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На основании отечественной и зарубежной литературы, опыта эксплуатации установок ионного обмена для подготовки горячей воды и ранее проведенных исследований был проведен анализ основных путей сокращения сбросов в городскую канализацию, их применение. в различных схемах подготовки воды.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Особенность эксплуатации станций подготовки воды для горячего водоснабжения является неравномерность в подготовке воды связанную с сезоном года и временем дня и соответственно неравномерное образование сточных вод в виде отработанного регенерационного раствора. График расхода воды станцией водоподготовки приведен на рис. 3.

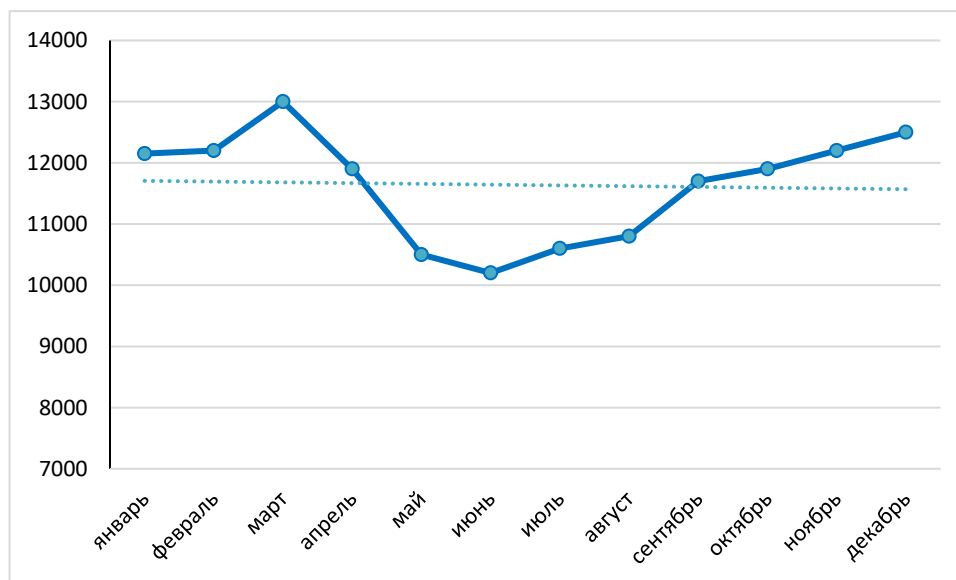


Рис. 3. График расхода воды станцией подготовки горячей воды

Длительность процесса регенерации ионообменного фильтра, гидродинамические требования загрузки, возможность обеспечения ремонта вызывают необходимость в устройстве резервного фильтра к расчетному количеству, в результате установка обладает значительными габаритами. Первым вариантом сокращения объема образования сточных вод от установки ионного обмена является замена параллельноточной регенерации на противоточную, в результате количество фильтров установки сократится и можно дополнительно уменьшить объем сброса отработанного регенерационного раствора при помощи установки локальной очистки сточных вод.

Отработанный регенерационный раствор от установок натрий-катионирования содержит ионы натрия, хлора, кальция и магния. Ионы жесткости добавляются в процессе восстановления ионита и затрудняют повторное использование раствора.

Существует две основные стратегии сокращения объема сброса сточных вод. Первая технология нулевого сброса жидкости, в результате которой достигается 100%-ное прекращение сбросов в жидком виде. При этом осуществляется восстановление воды для возврата в технологический процесс. Концепция нулевых сбросов была разработана в 1992-1993 годах и предусматривала своей целью полное исключения сбросов и выбросов, обладающих такими свойствами, как токсичность, стойкость и способность к биоаккумуляции в водную среду, в том числе морскую.

Одним из первых вариантов извлечения сухого остатка из сточных вод были термические технологии. Вода при этом может быть использована повторно при ее улавливании. Обработка отработанного регенерационного раствора может происходить при помощи выпарных установок с дальнейшим применением кристаллизатора рассола и утилизации получившегося осадка [8], локальных испарительных прудов [9] или интенсивного выпаривания, с дальнейшей утилизацией шлама. Восстановленная вода может быть использована повторно, а сухой остаток в виде смеси хлоридов часто утилизируется на свалках, либо может быть использован в другом производстве. Повторное применение хлорида натрия затруднено в результате его загрязнения солями жесткости, отделить которые при организации одностадийного выпара невозможно. Применение

прудов-испарителей подходит только для засушливых или полузасушливых регионов, где местные климатические условия благоприятны (например, низкая влажность, высокая скорость испарения) что является неэффективным для большинства регионов России.

Следующим шагом в развитии технологий нулевого сброса стало применение мембранных технологий, таких как обратный осмос и электродиализ, часто совместно с термическими. Следует отметить, что применение технологий нулевого сброса является дорогостоящим из-за высоких энергозатрат и возврата в производство только воды, что не снижает затраты на закупку реагентов и увеличивает стоимость водоподготовки.

Второй концепцией сокращения сброса сточных вод является стратегия минимального сброса жидкости, в результате которой объем сброса в жидком виде минимизируется, при этом ценные компоненты отделяются.

Для повторного использования регенерационного раствора необходимо удалить соли жесткости, выполнив умягчение раствора. Традиционные способы умягчения не эффективны для раствора хлорида натрия, который затрудняет очистку. В результате восстановления и повторного использования раствора себестоимость подготовки воды уменьшится за счет снижения затрат на закупку реагентов и воды.

Для снижения образования новых отходов, нуждающихся в утилизации, оптимально будет применение безреагентных селективных методов. Это такие мембранные методы как электродиализ, нанофильтрация и их комбинация.

Проведенные исследования показывают сохранение селективных качеств мембран нанофильтрации и электродиализа при работе с растворами хлорида натрия [10].

Особый интерес при использовании технологий умягчения является оценка эффективности восстановленного раствора и собственно процент восстановления.

По результатам исследований на модельном растворе нанофильтрация показала свою эффективность в отделении ионов жесткости [11]. Показано, что задерживающая способность мембраны солей в их индивидуальных растворах возрастает при увеличении расхода ретентата. Коэффициент проницаемости и конверсия при этом ожидаемо кратно возрастают, а плотность мольного потока хлорида натрия в 2-6 раз выше, чем для хлоридов магния и кальция. Разделение хлоридов натрия и магния при помощи нанофильтрационной мембраны также оказалось эффективно [12].

В случае использования для разделения электродиализа также получены высокие результаты разделения на экспериментальной установке [13].

ВЫВОДЫ

Сравнение концепций сокращения объема сброса сточных вод в виде технологий нулевого сброса жидкости и технологии минимального сброса, показывает, что восстановление отработанного регенерационного раствора обладает рядом преимуществ. Наиболее значительное преимущество, состоит в том, что повторное использование регенерационного раствора не только кардинально снижает воздействие на окружающую среду при сбросе в систему в городской канализации и затем в водоемы, но и снижает себестоимость подготовки воды за счет снижения потребления реагентов. При этом оптимальным будет использование методов с минимальным потреблением электроэнергии и реагентов на процесс очистки, а также минимального образования отходов для сохранения концепции минимального сброса. Поэтому, оптимальным будет применение в основном мембранных технологий и их комбинаций.

Поиск селективных, более эффективных и наименее дорогих мембранных технологий для разделения/предварительного концентрирования является важной и сложной задачей. Дальнейшие исследования в этой области будут направлены на изучения сохранения первоначальных характеристик установок при работе в течении длительного времени на производственных объектах.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 20995-75 Котлы паровые стационарные давлением до 3,9 мпа Показатели качества питательной воды и пара - Введ. 1977-05-01.
2. РД 24.032.01-91 Методические указания "Нормы качества питательной воды и пара, организация водно-химического режима и химического контроля паровых стационарных котлов-утилизаторов и энерготехнологических котлов". СПб., АО НПО ЦКТИ - Введ. 1991-07-01.
3. РД 24.031.120-91. Методические указания. Нормы качества сетевой и подпиточной воды водогрейных котлов, организация водно-химического режима и химического контроля. СПб., АО НПО ЦКТИ, ЦКТИ - Введ. 1991-07-01.
4. *Лифшиц О. В.* Справочник по водоподготовке котельных установок. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: «Энергия», 1976. - 288 с.
5. *Спицов Д.В., Павелкова А.М.* Особенности применения ионообменных установок водоподготовки котельных // Сборник докладов Третьей Национальной научной конференции «Актуальные проблемы строительной отрасли и образования - 2022». М.: Издательство МИСИ – МГСУ, 2023. С. 883—887.
6. *Беликов С.Е.* Водоподготовка: Справочник для профессионалов- М.: Аква-Терм, 2007. - 240 с.
7. Постановление Правительства РФ от 22 мая 2020 г. № 728 «Об утверждении Правил осуществления контроля состава и свойств сточных вод» и о внесении изменений и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации.
8. *Калякин С.Г., Панченко В.В., Сердунь Н.П и др.* Способ эффективной и безреагентной переработки высокоминерализованных стоков ТЭС // Теплоэнергетика. 1995. № 6. С. 52–55.
9. *Baghizade, A., Farahbod, F. & Alizadeh, O.* Predicting the amount of salt deposition in the solar desalination pond experimentally and mathematically. Int J Energ Water Res (2023). <https://doi.org/10.1007/s42108-023-00253-0>
10. Van der Bruggen, B et al. "Separation of monovalent and divalent ions from aqueous solution by electro dialysis and nanofiltration." Water research vol. 38,5 (2004): 1347-53. doi:10.1016/j.watres.2003.11.008
11. *Первов А. Г., Спицов Д. В.* Разделение высокоминерализованных стоков установок ионного обмена с применением нанофильтрационных мембран // Системные технологии. 2021. № 2 (39). С. 35–55.
12. *Чугунов А.С., Винницкий В.А., Степанюк К.В.* Влияние соотношения хлоридов натрия и магния на их разделение с использованием нанофильтрационной мембраны // Мембраны и мембранные технологии. 2021. Т. 1, № 3, С. 218-224.
13. *Li, F., Guo, Y., & Wang, S.* Pilot-Scale Selective Electrodialysis for the Separation of Chloride and Sulphate from High-Salinity Wastewater. Membranes, 12(6), 610. (2022). doi:10.3390/membranes12060610

УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ РИСКОМ НА ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ ЗДАНИЙ

Н.В. Хроменок¹, М.Ю. Слесарев²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹Nekit8543@mail.ru

²Slesarev@mgsu.ru

Аннотация

В статье изложены подходы, принципы и методы управления экологическим риском на жизненном цикле зданий. Рассмотрены концептуально связанные методы в управлении экологической устойчивостью, а также методы оценки жизненного цикла и оценка риска на жизненном цикле зданий, и в результатах приводятся схемы: исследуемой системы управления - процессы управления, которые рассматриваются в рамках исследования; – процессы управления, которые исключены из исследования, с учётом возможных, но не рассматриваемых сценариев, и потоки данных между рассматриваемыми процессами управления. По результатам исследования сформированы основные принципы методики управления экологическим риском на жизненном цикле зданий. Установлено, что в зависимости от типа риска целью управления рисками является либо устранение, либо снижение рисков путём принятия конкретных мер.

Ключевые слова: управление экологическим риском, углеродное воздействие, экологический менеджмент, экологический риск, система экологического менеджмента, экологический аспект, объект капитального строительства.

ВВЕДЕНИЕ

Строительный сектор считается одним из крупнейших потребителей природных ресурсов и энергии. Здания потребляют 30-40% всей энергии и природных ресурсов в течение всего срока службы. Строительство и эксплуатация зданий приводит образованию загрязняющих веществ, которые повышают риск для здоровья человека и окружающей среды, они влияют и преобразуют территорию, на которой они были построены, изменяя и разрушая естественную среду обитания и уменьшая биологическое разнообразие.

Для решения проблемы изменения климата, повышения энергетической безопасности и обеспечения общей социальной и экологической устойчивости, переход к низкоуглеродному современному обществу является одним из главных приоритетов. Таким образом, в настоящее время и в ближайшие годы строительство и связанная с ней промышленность должны играть первостепенную роль в обеспечении устойчивости, причем не только как один из основных источников воздействия на окружающую среду, но и как один из ключевых участников внедрения инноваций для снижения воздействий на окружающую среду на всех этапах жизненного цикла зданий [1]. В связи с этим актуальным становится вопрос управления экологическими рисками на жизненном цикле зданий, связанными с их строительством и эксплуатацией. Понимание и управление этими рисками является важной задачей для обеспечения устойчивого развития и снижения воздействия на окружающую среду. Это относится к выявлению потенциальных рисков и принятию мер для предотвращения негативного влияния зданий на окружающую среду [2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2015 году Организация Объединенных Наций (ООН) и мировые лидеры в рамках программы The Millennium Development Goals Report 2015 сформулировали комплекс задач реализуемых до 2030 года по устойчивому развитию, направленных на обеспечение процветания при одновременной защите планеты Земля.

Устойчивое развитие подразумевает процесс, при котором в решении социально-экономических задач учитываются взаимосвязи с природной средой и создаются условия для существования будущих поколений[3]. В контексте строительства это означает создание безопасных, энергоэффективных и надежных объектов, которые обладают высокой степенью экологической безопасности (рис.1).

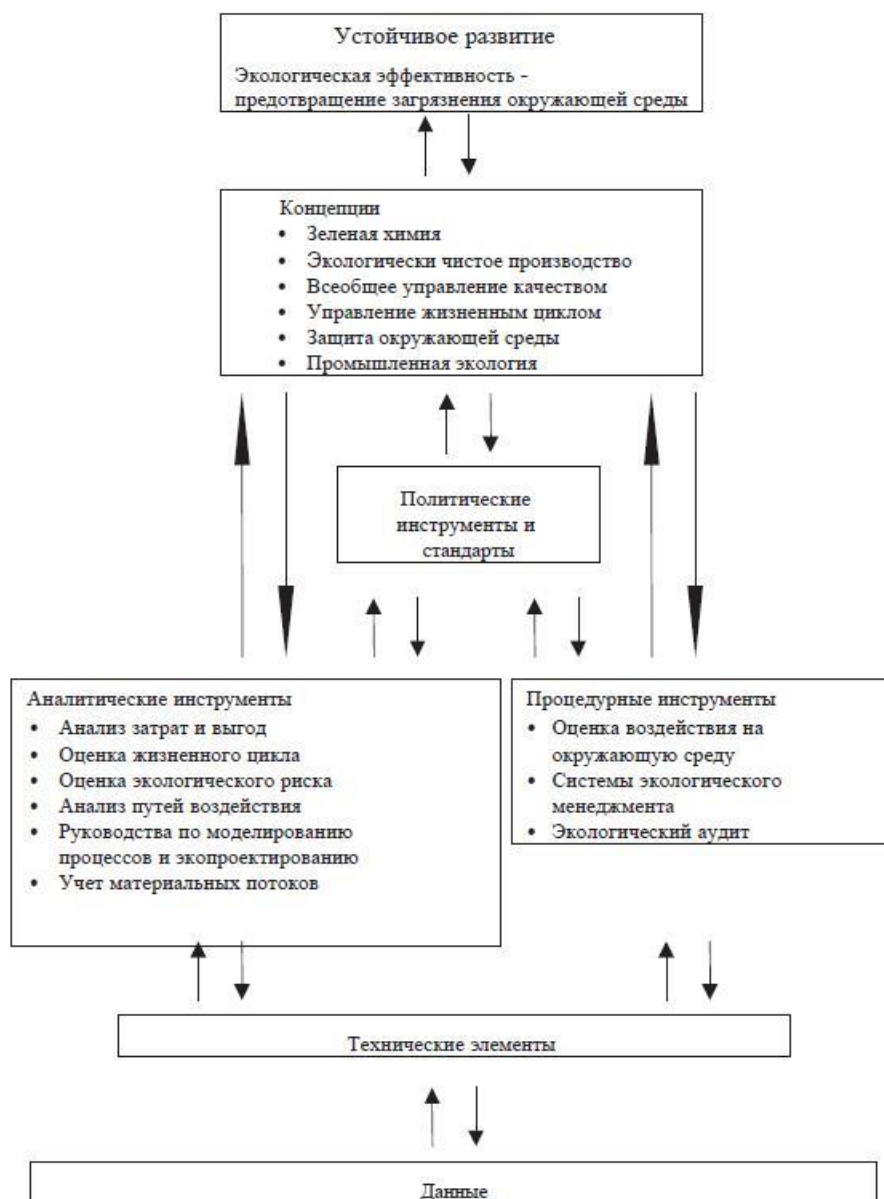


Рис.1 Концептуально связанные методы в управлении экологической устойчивостью.

Экологическая безопасность строительства - это одна из базовых систем строительной деятельности, обеспечивающая на всех этапах жизненного цикла объекта строительства его максимальное соответствие условиям и параметрам окружающей природной и техногенной среды с целью их дальнейшего устойчивого и стабильного функционирования и развития[4], поскольку в процессе строительства могут возникнуть серьезные риски для окружающей среды, уровня загрязнений и здоровья человека[5].

Оценка жизненного цикла и оценка риска - это аналитические системные подходы, которые позволяют создавать научно обоснованные знания в соответствии с современным пониманием экологических механизмов и процессов.

Оценка жизненного цикла (ОЖЦ)- это инструмент, разработанный для описания воздействия продукта на окружающую среду "от колыбели до могилы", то есть

учитывающий воздействие, оказываемое на всех этапах его жизненного цикла, от добычи ресурсов до утилизации отходов, а *оценка риска* - это инструмент для оценки потенциальных или реальных опасностей (последствий) для окружающей среды и здоровья человека, вызванных антропогенными воздействиями.

В то время как при оценке рисков рассматриваются события без акцента на конкретные системы, приведшие к событию, для того чтобы оценить максимальный потенциал снижения экологических воздействий, с одной стороны, необходимо дать количественную оценку негативных воздействий, включая выражение риска; с другой стороны, экологические аспекты должны быть включены во весь спектр *производственного менеджмента**. Это означает, что мы должны учитывать воздействие на окружающую среду на всех этапах производства, использования и окончания срока службы продукта [6], а в контексте строительства - здания. Таким образом, ОЖЦ и оценка риска должны рассматриваться не изолированно друг от друга, а как взаимодополняющие инструменты для оценки воздействия на окружающую среду. Такое сближение инструментов необходимо из-за потенциально противоречивых результатов при применении каждого инструмента в отдельности. Для этого необходимо тщательно проанализировать оценку жизненного цикла и выполнить работу по интеграции ОЖЦ и оценки рисков, учитывая, что оба этих инструмента являются основополагающими в современной инструментарии обеспечения устойчивого развития. С этой точки зрения *управление экологическим риском на жизненном цикле зданий* может быть определено как "процесс оценки жизненного цикла, который предусматривает оценку и управление рисками на протяжении всего жизненного цикла"[7]. Например, помимо параметров конкретного объекта, применение данной оценки включает определение потенциальных путей воздействия и вероятности уязвимости, что обеспечивает эффективную поддержку принятия решений.

* *Производственный менеджмент* – это направление профессиональной деятельности, связанное с эффективным и рациональным управлением любым производственным процессом.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По результатам исследования сформированы основные принципы методики управления экологическим риском на жизненном цикле зданий.

Оценка жизненного цикла здания для антропогенных источников негативного воздействия на окружающую среду охватывает четыре основных этапа:

1. Этап производства: На этом этапе анализируется воздействие всех процессов, связанных с производством строительных материалов, компонентов и оборудования, необходимых для возведения здания. Оцениваются энергозатраты, выбросы в атмосферу, загрязнение воды и почвы, а также потребление природных ресурсов, таких как вода и энергия.

2. Этап эксплуатации: На этом этапе происходит оценка воздействия здания на окружающую среду во время его эксплуатации, включая потребление энергии для отопления, кондиционирования и освещения.

3. Этап капитального ремонта: Данный этап аналогичен первому.

4. Этап сноса и утилизации: На этом этапе анализируется воздействие на окружающую среду при сносе и обработке строительных отходов. Рассматривается способ удаления отходов, их переработка и возможность повторного использования материалов.

Охват ОЖЦ представлен на рисунке 2 в виде схемы.

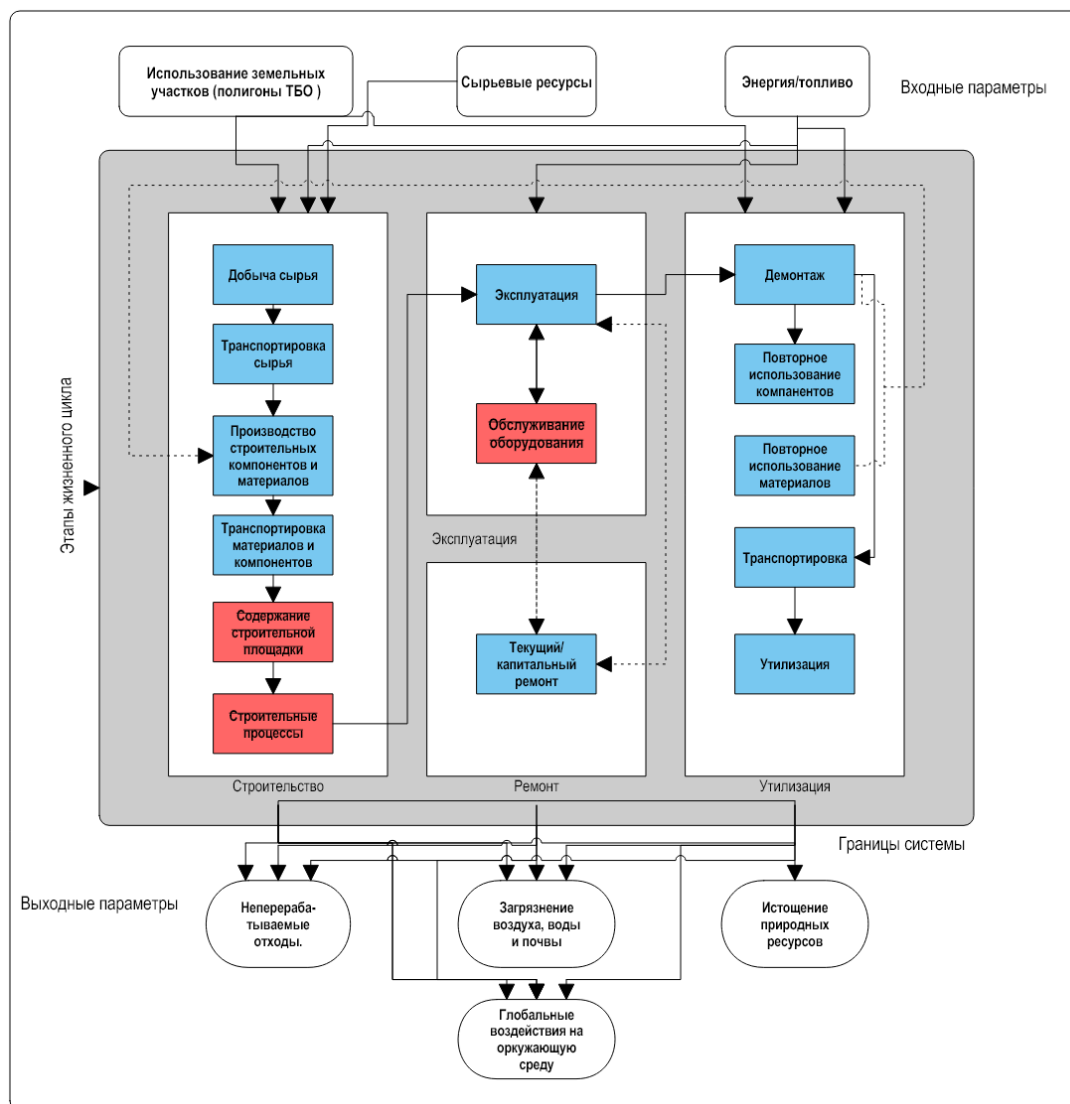


Рис.2 Охват оценки жизненного цикла (границы исследуемой системы). Синие прямоугольники - процессы, которые рассматриваются в рамках исследования; Красные – процессы, которые исключены из данного исследования. Пунктирными линиями обозначены не рассматриваемые сценарии. Стрелками показаны потоки данных между рассматриваемыми процессами.

Инвентаризация материалов, составляющих здание, производится без учета материалов жилых помещений. Материалы и их количество определяются по имеющимся планам и спецификациям. Для каждого этапа жизненного цикла здания собирается и количественно оценивается информация о потреблении энергии и сырья, а также о выбросах в атмосферу, воду и землю загрязняющих веществ.

Также собираются усредненные данные по ресурсопотреблению систем отопления, кондиционирования и электроснабжения полученные в ходе эксплуатации объекта, или расчетным путем при оценке здания находящегося на стадии проектирования, учитывая на основании объемно-планировочных и архитектурных решений. Результатом расчета является количество топлива (из разных источников, ГЭС, ТЭЦ, АЭС в зависимости от региона) затраченного на вышеуказанные потребители, которые в дальнейшем будет интерпретированы в виде экологических воздействий.

Оценка воздействия жизненного цикла производится в соответствии со стандартами ISO 14040. Перед оценкой воздействия каждого материала и процесса, данные, полученные из инвентаризации, необходимо сопоставить с каталогом выбросов загрязняющих веществ.

В итоге, собрав все полученные показатели, можно оценить общее воздействие дома, дифференцированное по фазам его жизни с дальнейшей оценкой рисков всех составляющих системы.

Завершающим процессом ОЖЦ является интерпретация результатов. То есть, в соответствии с данными, полученными на предыдущих этапах, и статистическим анализом, рассматриваются тенденции оцениваемых воздействий, определяются индикаторы риска и производится их оценка, затем делается окончательный вывод. Составляется отчет о жизненном цикле, и даются рекомендации в соответствии с принципами управления экологическими рисками.

ВЫВОДЫ

Установлено, что в зависимости от типа риска целью управления рисками является либо устранение, либо снижение рисков путём принятия конкретных мер. При этом необходимо позаботиться об оптимизации затрат на процесс управления, чтобы они не превышали получаемых выгод. Принятые меры по управлению рисками должны быть приемлемы для всех заинтересованных сторон и не должны приводить к возникновению других рисков. Однако в случае социальных и экологических рисков допустимо, по согласованию с заинтересованными сторонами, иметь несколько более высокие затраты на управление рисками. Поэтому при рассмотрении конкретного объекта необходимо оценить возможные варианты управления рисками, определить методы и средства управления ими и установить предельные значения показателей риска. Этими вариантами могут быть принятие/отклонение риска или поиск различных способов снижения рисков на этапах жизненного цикла здания.

Дальнейшие разработки связаны с созданием полноценной математической модели оценки жизненного цикла, интегрированной с оценкой рисков и ее апробация на различных объектах строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Слесарев М.Ю.* Формирование систем экологической безопасности строительства. Изд-во. МИСИ-МГСУ - М.: 2012. - 352 с.
2. *Слесарев М.Ю.* Экологический графический метод создания зоны допустимого воздействия. 21-я Международная научная конференция по передовым технологиям в гражданском строительстве - Формирование среды обитания (FORM) IOP- Материаловедение и инженерия. DOI 10.1088/1757-899X/365/2/022055. 2018. 2018-10-16. НИУ МГСУ, Москва, РОССИЯ. 25-27 апреля 2018 г <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/365/2/022055>
3. Слесарев М. Моделирование и формирование систем управления экологической безопасностью строительных технологий. E3S Web of Conferences 258, 09084 (2021) . Инженерия, экология. DOI:10.1051/E3SCONF/202125809084 Идентификатор корпуса: 236646058 UESF-2021 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125809084>
4. *Теличенко В. И., Ройтман В. М., Слесарев М. Ю., Щербина Е. В.* Основы комплексной безопасности строительства: монография//Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ), 2011– 168 с.
5. *Теличенко, В. И.* Проблемы и задачи геоэкологической безопасности строительства // Промышленное и гражданское строительство. – 2008. – № 11. – С. 50-54. – EDN JVOOAV.
6. *Л. Ю. Чуйкова, Ю. С. Чуйков* ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ (Учебное пособие) / // Экология Прикаспийского региона. – 2022. – № 13. – С. 1-167. – EDN ZPZFSE.
7. Ayoub N, Musharavati F, Pokharel S, Gabbar HA, Risk-based life cycle assessment conceptual framework for energy supply systems in large buildings, Journal of Cleaner Production (2015), <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.075>

РАЗРАБОТКА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИИ

Ч.М. Ньейн, В.А. Бродский

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 125047, Москва,
Миусская пл., д. 9,
chanmoe12693@gmail.com*

Аннотация

Исследован процесс электрофлотационного извлечения смеси труднорастворимых соединений меди, никеля и цинка в составе трёхкомпонентных смесей в присутствии фоновой соли NaNO_3 разными концентрациями. Показано влияние концентрации фоновой соли на эффективность электрофлотационного процесса доочистки. Для исследуемых систем определён оптимальный диапазон pH (10) проведения процесса трёхкомпонентных систем исследуемых металлов. Установлено, что при низкой концентрации (10 г/л, 50 г/л) степень извлечения достигает до 97- 98% при 15 минуте. Однако, при высокой концентрации (100 г/л) процесс замедляется.

Ключевые слова: электрофлотация, фильтрация, сточные воды, медь, никель, цинк, нерастворимый анод (PbO_2/Ti).

ВВЕДЕНИЕ

Городские сточные воды являются основным источником загрязнения водной среды. Конечное качество осадка сточных вод, который является основным побочным продуктом процесса очистки сточных вод, в значительной степени зависит от химического состава поступающих сточных вод и процессов их очистки. Различные загрязняющие вещества в сточных водах накапливаются в осадке сточных вод (в районе 80-90%), и, таким образом, сброс осадка в водоемы значительно увеличил бы органическую нагрузку с соответствующим снижением уровня растворенного кислорода и обогащением питательными веществами. Неконтролируемое распространение тяжелых металлов, получаемых из таких источников, как дренаж кислых шахт, кислотные дожди, сухое осаждение, утилизация твердых отходов, является одной из существенных причин образования основного осадка городских бытовых сточных вод. Тяжелые металлы, т.е. металлические химические элементы с относительно высокой плотностью, встречаются в природе в окружающей среде в различных концентрациях. Большинство тяжелых металлов проявляют токсичность даже при более низких концентрациях, и их накопление в тканях организма в течение определенного периода времени может быть вредным для здоровья человека. Некоторые из этих металлов обладают канцерогенным потенциалом, в то время как другие рассматриваются как мутагены и/или тератогены для человека и животных, в зависимости от дозы и продолжительности воздействия. Тяжелые металлы, вызывающие основную озабоченность в окружающей среде из-за их токсичности, включают As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb и Zn. Следовательно, целью данного исследования была оценка уровней содержания трех металлических элементов (Cu, Ni и Zn) во входных и выходных потоках и осадке бытовых очистных сооружений.

Загрязнение водных ресурсов тяжелыми металлами представляет собой огромную экологическую проблему. Тяжелые металлы были чрезмерно выброшены в окружающую среду из-за быстрой индустриализации и создали серьезную глобальную проблему. В настоящее время опасное загрязнение сточных вод тяжелыми металлами является чрезвычайно серьезной экологической проблемой и ставит под угрозу жизнь людей во всем мире [1-6]. Поскольку низкие количества этих металлов высокотоксичны, удаление тяжелых металлов из сточных вод в последнее время стало предметом значительного интереса из-за строгого законодательства. Правила обращения со сточными водами были установлены с целью минимизировать воздействие опасных химических веществ на

человека и окружающую среду. К ним относятся ограничения на типы и концентрацию тяжелых металлов, которые могут присутствовать в сбрасываемых сточных водах [7 – 11].

На практике при очистке сточных вод сложного состава несколько технологий используются вместе, объединяясь в рабочие модули. Так, для очистки сточных вод от взвешенных веществ (гидроксидов металлов) применяют коагуляцию, фильтрацию, сегментацию, автоклавную флотацию, электрофлотацию и центрифугирование. Для извлечения гидрофильных осадков (гидроксидов металлов) при низких концентрациях электрофлотация имеет ряд преимуществ. Электрофлотация – это отделение взвешенных частиц от воды с помощью пузырьков газа, образующихся на электродах при электролизе воды. В ходе процесса мелкие пузырьки зарождаются на электродах, отделяются и, поднимаясь к поверхности воды, сталкиваются с твердыми или жидкими частицами, взвешенными в воде. Некоторые из этих столкновений приводят к слипанию частиц и пузырьков и образованию агрегатов пузырь-частица. Затем агрегаты поднимаются на поверхность воды и собираются механическим обезжириванием. В следующих разделах будут представлены различные аспекты электрофлотации, в том числе: подробные основы процесса, материалы и устройства электродов, аспекты конструкции электрофлотационного реактора, влияющие переменные процесса и кинетика процесса [12 -17].

МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Очистка модельных сточных вод осуществлялась методом электрофлотации с использованием лабораторной установки, состоящей из источника постоянного электрического тока НУ 1803D, непроточного электрофлотатора объемом 500 мл с площадью поперечного сечения аппарата 10 см² и высотой аппарата 80 см с нерастворимым анодом РbO₂/Ti и катодом из нержавеющей стали 12Х18Н10Т по известной методике [18-21]. Эффективность электрофлотационного процесса оценивали степень извлечения (осаждения) α (%), которую рассчитывается по формуле:

$$\alpha = (C_{\text{исх}} - C_{\text{кон}}) / C_{\text{кон}} * 100\%,$$

где $C_{\text{исх}}$, $C_{\text{кон}}$ – исходная и конечная концентрация дисперсной фазы в водной среде, мг/л. Концентрацию ионов металлов определяли атомно- адсорбционным методом в ЦКП им. Д.И. Менделеева.

В ряде случаев после электрофлотационной очистки проводили дополнительную фильтрацию раствора с помощью обеззоленных фильтров «Синяя лента» ТУ 2642-001-139271582003 (диаметр пор ~ 1 мкм).

Для приготовления модельных растворов использовались следующие реактивы: CuSO₄ x 5H₂O, NiSO₄ x 7H₂O, ZnSO₄ x 7H₂O, NaNO₃ квалификации хч. Модельные растворы готовились на дистиллированной воде. Условия проведения электрофлотационного процесса: время извлечения $\tau = 15$ мин, плотность тока $J_v = 0.4 \text{ А л}^{-1}$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Изучение кинетики электрофлотационного извлечения малорастворимых соединений меди (II), цинка (II), никеля (II) в составе многокомпонентной системы с присутствием фонового электролита NaNO₃ ($C_{\text{NaNO}_3} = 10 \text{ г/л}, 50 \text{ г/л}, 100 \text{ г/л}$).

Присутствие нитрат-ионов в растворе могут оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на эффективность электрофлотации в зависимости от конкретных условий процесса электрофлотации. Положительным моментом является то, что нитрат-ионы могут повышать электропроводность воды и тем самым повышают эффективность процесса электрофлотации. Это может помочь увеличить скорость образования пузырьков и улучшить удаление загрязняющих веществ из сточных вод. Однако нитрат-ионы также

могут мешать процессу электрофлотации, конкурируя с другими ионами за поверхности электродов, снижая эффективность электрохимических реакций, управляющих процессом.

Табл. 1 – Влияние $i_v = 0,4$ А/л на остаточные концентрации и степень извлечения малорастворимых соединений металлов в системе Ni(II)-Zn(II)-Cu(II) с присутствием фонового электролита NaNO_3 - 10 г/л

τ , мин	[Степень извлечения α ,%]/[остаточная концентрация, мг/л]		
	$I_v = 0,4$ А/л		
	Cu	Ni	Zn
2	51/0,3242	51/0,3313	49/0,3573
5	96/0,0245	96/0,0213	94/0,0446
10	97/0,0175	97/0,0181	94/0,0417
15	98/0,0161	98/0,0101	94/0,0381
Фильтрация	99/0,0059	99/0,0029	98/0,0169
$C(\text{NaNO}_3) = 10$ г/л; $C_{\Sigma\text{Me}} = 100$ мг/л; $[C_{M1}:C_{M2}:C_{M3}] = 1:1:1$; pH = 10,0			

Из полученных данных следует, что наличие в растворе нитрат-ионов, при объемной плотности тока равной 0,4 А/л, самая высокая степень электрофлотационного извлечения достигает до 98% для меди и никеля, 94% для цинка. Так максимальная степень извлечения по трем металлам достигается при $\tau = 15$ мин, остаточные концентрации Cu, Ni, Zn составляют 0,0175, 0,0181, 0,0417 мг/л соответственно. Дополнительная фильтрация делается процесс более эффективно и степень извлечения возрастает до 99%.

Табл. 2 – Влияние $i_v = 0,4$ А/л на остаточные концентрации и степень извлечения малорастворимых соединений металлов в системе Ni(II)-Zn(II)-Cu(II) с присутствием фонового электролита NaNO_3 - 50 г/л

τ , мин	[Степень извлечения α ,%]/[остаточная концентрация, мг/л]		
	$I_v = 0,4$ А/л		
	Cu	Ni	Zn
2	65/0,2293	65/0,2289	66/0,2815
5	81/0,1237	81/0,1229	82/0,1449
10	97/0,0195	97/0,0172	96/0,0309
15	98/0,0108	98/0,0116	97/0,0241
Фильтрация	99/0,0076	99/0,0024	99/0,00169
$C(\text{NaNO}_3) = 50$ г/л; $C_{\Sigma\text{Me}} = 100$ мг/л; $[C_{M1}:C_{M2}:C_{M3}] = 1:1:1$; pH = 10,0			

Были исследованы процесс электрофлотационного извлечения с последующей фильтрацией малорастворимых соединений Ni^{2+} , Cu^{2+} и Zn^{2+} . Исследования проводили в водных растворах, содержащих ионы никеля, меди и цинка в соотношении 1:1:1 при суммарной концентрации металлов 100 мг/л в присутствии $NaNO_3$ с концентрацией 100 г/л, $i_v = 0,4$ А/л. Время проведения процесса электрофлотации – 15 минут.

Наименьшая степень извлечения оказывается 65% для всех ионов при 2 минуте. При сравнении таблицы 2 и 3, процесс более эффективно протекает при концентрации 50г/л и степень извлечения выше. Самая высокая эффективность степени извлечения составит 98% для ионов меди, 98% для никеля и 97% для цинка соответственно, а последующая фильтрация позволяет достичь практически 99% степени извлечения.

Табл.– Влияние $i_v = 0,4$ А/л на остаточные концентрации и степень извлечения малорастворимых соединений металлов в системе Ni(II)-Zn(II)-Cu(II) с присутствием фонового электролита $NaNO_3$ - 100 г/л

τ , мин	[Степень извлечения α ,%]/[остаточная концентрация, мг/л]		
	$I_v = 0,4$ А/л		
	Cu	Ni	Zn
2	30/0.4722	33/0.4897	36/0.4168
5	67/0.218	67/0.2339	69/0.1958
10	91/0.0597	92	91/0.0552
15	95/0.0328	97/0.0246	94/0.0382
Фильтрация	98/0.0125	99/0.0021	97/0.0144
$C(NaNO_3) = 100$ г/л; $C_{\Sigma Me} = 100$ мг/л; $[C_{M1}:C_{M2}:C_{M3}] = 1:1:1$; pH = 10,0			

Согласно таблице 3 при высокой концентрации эффективность процесса уменьшается и степень извлечения малорастворимых соединений Cu^{2+} , Ni^{2+} и Zn^{2+} составляет $\approx 95\%$, 97% и 94% при 15 минуте. Дополнительной фильтрация приводит к увеличению степени извлечения взвешенных соединений Cu, Ni, Zn и остаточные концентрации по металлам снижаются до значений $C_{ост} = 0,0125$ мг/л по ионам меди (II), $C_{ост} = 0,0021$ мг/л по ионам никеля (II), $C_{ост} = 0,0144$ мг/л по ионам цинка(II).

ВЫВОДЫ

1. Изучены основные закономерности электрофлотационного извлечения труднорастворимых соединений цинка, меди и никеля из концентрированных растворов электролитов в электрофлотаторе с нерастворимыми электродами.
2. Выявлено, что на процесс совместного электрофлотационного извлечения ионов металлов в составе системы Cu(II)-Ni(II)-Zn(II) оказывает влияние величина pH раствора. Выбор pH = 10 в качестве оптимального был основан на минимальной растворимости образующихся частиц дисперсной фазы, что способствует максимальному эффекту извлечения ионов металлов из модельных растворов.
3. Установлено, что присутствие высокой концентрации соли оказывает влияние на скорость и эффективность электрофлотационного процесса. Повышение степени извлечения ионов металлов наблюдается при низкой концентрации соли 10 г/л, отрицательно влияют на эффективность электрофлотации в концентрации 100 г/л.
4. Дополнительной фильтрация приводит к увеличению степени извлечения взвешенных соединений Cu, Ni, Zn и степень извлечения достигается до 99%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dominik Dietler., Mohammed Babu., Guéladio Cissé ., Ali A. Halage ., Enos Malambala ., Samuel Fuhrmann. Daily variation of heavy metal contamination and its potential sources along the major urban wastewater channel in Kampala, Uganda. *J. Environ Monit Assess.* 2019. V.191 .C. 1-13. doi.org/10.1007/s10661-018-7175-4
2. Mojeed A. Agoro ., Abiodun O. Adeniji ., Martins A. Adefisoye., Omobola O. Okoh. Heavy Metals in Wastewater and Sewage Sludge from Selected Municipal Treatment Plants in Eastern Cape Province, South Africa. *J. Water.* 2020. V.12. C. 1-19. doi:10.3390/w12102746
3. Naef A. A. Qasem., Ramy H. Mohammed., Dahiru U. Lawal . Removal of heavy metal ions from wastewater: a comprehensive and critical review. *J. Clean Water.* 2021. V.4. No.36.C. 1-2. https://doi.org/10.1038/s41545-021-00127-0.
4. S.V. Stepanov., A.K. Strelkov., O.N. Panfilova. Removal of heavy metals from wastewater with natural and modified sorbents. *Magazine of Civil Engineering.* 2022. V. 111. No. 3. C. 1-3.
5. Mukesh Parmar., Lokendra Singh Thakur. Heavy metal cu, ni and zn: toxicity, health hazards and their removal techniques by low cost adsorbents: a short overview. *International journal of plant, animal and environmental sciences.* V.3. issue 3. 2013. C. 1.4.
6. Qingqing Zhou., Xule Zhou., Ruihao Zheng., Zifeng Liu., Jiade Wang. Application of lead oxide electrodes in wastewater treatment: A review. *Science of the Total Environment.* V. 806. 2022. C. 7-12.
7. Thien-Khanh Tran ., Hoang-Jyh Leu1., Kuo-Feng Chiu., Chiu-Yue Lin. Electrochemical Treatment for Wastewater Contained Heavy Metal the Removing of the COD and Heavy Metal Ions. *International Journal of Engineering Research & Science.* 2015. Vol-1. Issue-9. C. 96.
8. Gunatilake S.K. Methods of Removing Heavy Metals from Industrial Wastewater. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science Studies.* 2015. Vol. 1. Issue 1. C. 12-13.
9. Habibun Nabi Muhammad Ekramul Mahmud., A. K. Obidul Huq., Rosiyah binti Yahya. The removal of heavy metal ions from wastewater/ aqueous solution using polypyrrole-based adsorbents: a review. *RSC Advances.* 2016. C. 14778 – 14791.
10. Thien-Khanh Tran., Hoang-Jyh Leu., Kuo-Feng Chiu., Chiu-Yue Lin. Electrochemical Treatment of Heavy Metal-containing Wastewater with the Removal of COD and Heavy Metal Ions. *J. Chin. Chem. Soc.* 2017 .C. 1-3.
11. Renu., Madhu Agarwal ., Kailash Singh. Methodologies for removal of heavy metal ions from wastewater: an overview. *Interdisciplinary Environmental Review.* 2017. Vol. 18.No. 2. C. 125.
12. A. V. Kolesnikov., Aung Pyae., T . V. Davydkova., V . A. Kolesnikov. Establishment of regularities of electroflotation extraction of non-ferrous metal (Cu, Ni, Zn, Co, Fe) hydroxides from wastewater of various compositions in the presence of industrial surfactants. *J. Non-ferrous Metals.* 2021. No. 1. C. 3–9.
13. Reza Mohtashami., Julie Q. Shang. Electroflotation for Treatment of Industrial Wastewaters: A Focused Review. *J. Environmental Processes.* 2019. C.1 -5. https://doi.org/10.1007/s40710-019-00348-z
14. K. A. Matis ., E. N. Peleka. Alternative Flotation Techniques for Wastewater Treatment: Focus on Electroflotation. *J. Separation Science and Technology.* 2010. V. 45. C. 2465–2474.
15. George Z., Kyzas., Kostas A. Matis. Electroflotation process: A review. *Journal of Molecular Liquids.* 2016. V. 220. C. 657 – 664.
16. Imran Ali., Kon'kova Tatiana., Than Zaw Htay., Hein Thu Aung., Mishenko Ekaterina., Mohammad Nahid Siddiqui., Abdulraheem SA Almalki., A. Alhadhrami., Abdullah Alsubaie., Ahmed M. Hameed., Ahmed Alharbi. Economic and fast electro-flotation extraction of heavy metals from wastewater. *Journal: Environmental Technology.* 2022. C. 1-6. https://doi.org/10.1080/09593330.2022.2120831
17. Thu Aung HEIN, Pyae AUNG, Zaw Htay THAN, Artem Vladimirovich kolesnikov. study of the efficiency of electroflotation process on a mixture of heavy hydroxides and nonferrous metals in various electrolytes. *J. metal.* 2020. P. 1 – 5. https://doi.org/10.37904/metal.2020.3600
18. Xenophontov B.S., Bondarenko A.V., Kapitonova S.N. Electroflotation wastewater treatment of microbiological productions. *Santekhnika [Plumbing].* 2012, vol. 1, pp. 52-56.
19. Xenophontov B.S., Kapitonova S.N., Bondarenko A.V. Electroflotation wastewater treatment of biotechnology productions. *Vodochystka [Water purification].* 2013, vol. 8, pp. 19-24.
20. Ksentini I., Ben Mansour L. Modeling the hydrodynamic of an electroflotation column for the treatment of industrial wastewaters. *Desalination and Water Treatment,* 2014, vol. 56, no. 7, pp. 1722-1727. doi:10.1080/19443994.2014.950989
21. Bouyakoub A.Z., Kacha S., Ouhib R., Bellebia S., Lartiges B. Combined treatment of a textile effluent containing reactive dyes by coagulation-flocculation and electroflotation. *Journal of water science,* 2010, vol. 23, no. 1, pp. 89-103. doi:10.7202/038927

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД И ОБРАБОТКА ВТОРИЧНЫХ ОТХОДОВ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДОВ

А.А. Лезжев¹, С.Е. Алексеев²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹Lezzhev.t@mail.ru

²AlekseevSE@mgsu.ru

Аннотация

Большое количество энергии в мире в настоящее время производится нефтью и углем. Однако процессы добычи нефти и нефтепереработки приводят к значительному загрязнению окружающей среды. Нефтеперерабатывающие заводы являются основным источником попадания в поверхностные водотоки различных веществ, содержащихся в нефти, включая углеводороды, смолы, асфальтены и металлоорганические соединения, представляющие серьезную угрозу для здоровья и водных экосистем. Эти вещества имеют свои особенности и характеристики, которые необходимо учитывать при их очистке. Поэтому нефтепродукты требуют особого подхода и тщательной очистки для минимизации воздействия на окружающую среду.

Кроме того, для производства нефтепродуктов требуется большое количество воды, что приводит к истощению водных ресурсов и загрязнению водоемов. Поэтому обеспокоенность по поводу экологических последствий деятельности нефтяной промышленности и необходимость поиска более устойчивых альтернативных источников энергии представляют актуальные проблемы в современном мире.

В проведенных ранее исследованиях был осуществлен анализ влияния различных параметров, включая температуру, pH, количество добавленного катализатора и время реакции, на показатели химической потребности в кислороде (ХПК), мутности и содержание различных элементов. В качестве катализаторов применялись CuSO₄, FeSO₄, FeCl₃ и их смесь в равных пропорциях. Кроме того, производился анализ удаления элементов, таких как Cr, Mn, Ni и Pb, с использованием метода ICP-OES (оптическая эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой), что представляет собой метод анализа, основанный на использовании индуктивно-связанной плазмы.

ВВЕДЕНИЕ

Отходы, которые образуются при переработке сырой нефти на нефтеперерабатывающих заводах, представляют серьезную проблему, вызывающую беспокойство во всем мире. Они включают в себя сточные воды и нефтесодержащие нефтешламы, которые являются очень токсичными и опасными для окружающей среды и здоровья людей и животных. Поэтому необходимо обработать эти отходы перед их утилизацией или повторным использованием.

Существуют различные методы обработки сточные воды, содержащих нефтепродукты. Однако в данной статье мы сосредоточимся на двух конкретных методах. Первый - использование каталитического термолитического разложения для очистки сточных вод. Второй - процесс коагуляции и флокуляции, с применением определенных катализаторов, таких как CuSO₄, FeSO₄, FeCl₃ и их комбинации.

Наиболее важными видами ископаемого топлива, играющими важную роль в мировой экономике, являются уголь и сырая нефть. Несмотря на глобальные усилия по развитию возобновляемых источников энергии, в настоящее время сырая нефть удовлетворяет 32,9% мирового спроса на энергию. Процесс переработки сырой нефти включает физические и химические методы разделения, а затем конверсии для получения полезных продуктов, таких как бензин, дизельное топливо, керосин и другие. Нефтеперерабатывающие заводы также производят газообразные, жидкие и твердые отходы, загрязняющие окружающую

среду. К основным видам твердых отходов относятся отходы бурения и технологические отходы.

Значительное потребление воды нефтеперерабатывающими и нефтехимическими предприятиями является основным источником загрязнения воды. На этих предприятиях отмечается большое количество сточных вод и перерабатываемых нефтепродуктов. Содержащиеся в нефти различные углеводороды, смолы, асфальтены и металлоорганические соединения являются очень токсичными и представляют серьезные угрозы для здоровья и окружающей среды. Нефтеперерабатывающие заводы производят огромное количество осадков, что указывает на масштабный экологический ущерб.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сточные воды нефтеперерабатывающего предприятия имеют специфический состав и особенности поведения нефтепродуктов в водной среде, которые влияют на методы их очистки. Главными характеристиками, определяющими поведение нефтепродуктов в воде, являются их низкая плотность по сравнению с водой (0,70-0,76 для бензина, 0,8-0,9 для дизельного топлива, 0,8-0,85 для реактивного топлива, 0,94-1,0 г/см³ для мазута) и низкая растворимость. Растворимость легких фракций нефти (бензина) в воде составляет не более 20-30 мг/л, для керосина - 70-90 мг/л, а для тяжелых фракций практически нулевая. Нефтепродукты, попавшие в воду, в основном находятся в виде капель и легко выделяются на поверхность воды из-за их меньшей плотности, что приводит к образованию плавающей пленки или слоя. Меньшая часть нефтепродуктов может быть в тонкодисперсном состоянии, образуя эмульсию "нефть в воде". Эмульсия обычно формируется при коллоидальных размерах капель нефтепродуктов (примерно 0,1 мкм), но на сточных водах нефтеперерабатывающего предприятия могут наблюдаться стойкие эмульсии даже при больших размерах капель. Стойкость эмульсии определяется поверхностным натяжением, кинетической устойчивостью частиц и их невысокой концентрацией. В качестве стабилизаторов эмульсий могут выступать взвешенные частицы, присутствующие в сточных водах нефтеперерабатывающего завода [1].

Для оценки количества нефтепродуктов, присутствующих в сточных водах, обычно принято учитывать примерно 2% от объема использованной сырой нефти. Однако в некоторых случаях это значение может быть значительно выше. Очистка сточных вод от нефтепродуктов представляет определенные сложности, особенно в случае эмульгированной нефти, особенно если она образовала стойкую эмульсию [2]. Усредненные данные по загрязнению сточных вод НПЗ представлены в таблице 1.

Табл. 1. Усредненные данные по загрязнению сточных вод НПЗ

Загрязнитель сточных вод	ПОСЛЕ ОЧИСТКИ НПЗ (МГ/Л)	ПДК ДЛЯ ВОДОЕМОВ (МГ/Л)
Нефтепродукты	5	До 0,05
Фенол	1,5	До 0,01
Хлориды	500	До 300
Сульфаты	146	До 100
Взвешенные вещества	8	-
ХПК	30	До 15
БПК ₅	20	До 3
Аммонийный азот	10	До 0,39

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В своём исследовании доктор Бинита Сингх [3] занималась изучением каталитического термоллиза сточных вод нефтеперерабатывающих заводов в качестве этапа предварительной очистки. В процессе исследования оценивалось влияние различных параметров, таких как температура, pH, количество добавленного катализатора и время реакции, на показатели ХПК, мутности и содержание элементов. В качестве катализаторов применялись CuSO_4 , FeSO_4 , FeCl_3 , а также их смесь в соотношении 1:1. Максимальное снижение ХПК и мутности было достигнуто при использовании смеси CuSO_4 и FeCl_3 (в соотношении 1:1) при 70°C , pH 7, дозе $1,0 \text{ кг/м}^3$ за время реакции 90 минут, и составило 90% и 98% соответственно. После этого было проанализировано удаление элементов, таких как Cr, Mn, Ni и Pb с помощью метода оптической эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-OES). Это метод анализа, основанный на использовании индуктивно-связанной плазмы. ИСП создается путем подачи высокочастотного электромагнитного поля на ионизированный аргон, что приводит к возбуждению плазменного разряда. Такая плазма имеет очень высокую температуру, достигающую 10000 K , что позволяет полностью атомизировать образец и устранить химические помехи при анализе. Основная идея метода заключается в том, что элементы в пробе испускают излучение при возбуждении в плазме. Излучение затем регистрируется и анализируется с помощью оптических спектрометров. Измеренные эмиссионные сигналы сравниваются с сигналами, полученными от стандартных образцов известной концентрации [4]. Это позволяет рассчитать концентрации элементов в анализируемом образце.

Осадок, полученный в результате каталитического термоллиза, был подвергнут исследованию для определения свойств и характеристик с использованием следующих методов:

- Сканирующая электронная микроскопия с рентгеновским дисперсионным анализом (SEM-EDX) – позволяет исследовать большие, тяжелые и сложные образцы с высоким качеством изображения, что позволяет видеть даже самые мельчайшие детали и химический состав поверхности материала. Важной возможностью SEM-EDX является элементное картирование, которое позволяет визуально определить элементный состав образца. Разные элементы и соединения, обнаруженные детектором EDX, могут быть отмечены на изображении разными цветами. Это эффективный метод для определения состава образца. Разрешение SEM составляет менее 1 нм , значительно превышая возможности традиционного светового микроскопа. Поэтому с помощью SEM можно получить более детальное изображение топографии поверхности образца. SEM также может быть приспособлен к широкому спектру научных и промышленных нужд путем добавления различных аксессуаров для получения разнообразной информации об образце. Например, к SEM можно подключить дополнительный детектор EDX. EDX-детектор идентифицирует элементы в образце, а также определяет их концентрацию и распределение [5];
- Инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье (FTIR) – используется для изучения вибрационных и колебательных структур в молекулах. В этом методе свет разделяется на два луча при помощи светоделителя, которые проходят через два зеркала - одно неподвижное и одно движущееся. После этого лучи возвращаются обратно к светоделителю, где происходит интерференция. Интерферирующий свет проходит через образец, а затем проходит через детектор. Полученный сигнал затем обрабатывается с помощью преобразования Фурье для получения инфракрасного спектра. Этот метод позволяет анализировать взаимодействие света с образцом и получать информацию о молекулярной структуре вещества. Он используется для исследования качественных и количественных характеристик образцов, включая структурный анализ и идентификацию соединений [6];
- Термогравиметрический Анализ (TGA) – это метод, который используется в термическом анализе для измерения изменения массы образца в зависимости от

изменения температуры. При проведении ТГА образец нагревается с постепенным повышением температуры, и одновременно с этим измеряется его масса. Эти данные об изменении массы образца при различных температурах дают информацию о различных физических и химических явлениях, которые происходят в образце, что позволило определить его структуру и свойства;

- Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (XPS) – это метод, основанный на фотоэффекте, который позволяет анализировать поверхностные свойства материала. С помощью XPS можно определить элементный состав материала, химическое состояние элементов, а также электронную структуру и плотность состояний в материале. XPS является чувствительным и количественным методом, который позволяет не только определить присутствующие элементы, но и их химические связи с другими элементами.

Полученный осадок от процесса обработки с использованием коагулянтов CuSO_4 и смеси CuSO_4 и FeCl_3 имеет компактную структуру с неравномерными гранулами, что способствует его адсорбционным свойствам.

В работе доктора Биниты Сингх исследовалась эффективность трех коагулянтов - CuSO_4 , FeCl_3 и смеси $\text{CuSO}_4+\text{FeCl}_3$ (обе соли смешаны в соотношении 1:1) для очистки сточных вод очистных сооружений нефтеперерабатывающего завода с использованием процесса коагуляции и флокуляции. Оптимизировали независимые параметры, такие как pH и дозировку коагулянтов, с использованием метода центрального композитного проектирования. В качестве зависимых переменных использовали конечное pH, уменьшение ХПК, мутности, твердого остатка и цветности.

Статистическую пригодность разработанной модели проверили с помощью дисперсионного анализа или ANOVA (Analysis Of Variance) – это статистический метод, который применяется для сравнения средних значений нескольких выборок. Его основная цель – определить, имеются ли статистически значимые различия между группами, или же различия случайны. ANOVA находит применение в различных областях, таких как наука, инженерия, медицина, социология и другие, где требуется выявить связь между переменными. ANOVA является мощным инструментом в статистическом анализе, который позволяет оценить влияние исследуемого фактора на зависимую переменную. Это помогает определить статистическую значимость фактора и выявить взаимодействие между переменными. Кроме того, ANOVA позволяет определить степень различий между группами, что полезно при принятии решений о стратегиях манипулирования факторами [7].

На очистных сооружениях нефтеперерабатывающего завода сточные воды подвергались процессу очистки с использованием коагуляции и флокуляции, которые в основном отвечают за нейтрализацию заряда, флокуляцию, адсорбцию и образование трехосновного хлорида меди (ТВСС). В эксперименте был использован метод испытания в банке, где воде добавлялись коагулянты на основе меди и железа, такие как CuSO_4 , FeCl_3 и их смесь в соотношении 1:1. Оптимальные условия для CuSO_4 были найдены при дозировке 0,74 г/л и pH 11, при этом конечный pH составил 8,46. Это позволило снизить ХПК, мутность, твердого остатка и цветность на 55,93%, 97,05%, 92,28% и 94,20% соответственно. Для FeCl_3 оптимальными условиями были дозировка 0,20 г/л и pH 7,0, при этом конечный pH составил 3,72. Снижение ХПК, мутности, твердого остатка и цветности при использовании FeCl_3 составило 53,99%, 79,35%, 93,68% и 92,31% соответственно. Смешанный коагулянт $\text{CuSO}_4+\text{FeCl}_3$ демонстрировал лучшие результаты по всем параметрам в сравнении с использованием отдельных коагулянтов CuSO_4 и FeCl_3 . Смешанный коагулянт также приводил к образованию ТВСС при pH 5-7, что способствовало флокуляции. Образование ТВСС улучшало процесс флокуляции и обесцвечивало сточные воды. Анализ с использованием SEM, EDX и XPS подтвердил образование ТВСС и его положительное влияние на коагуляцию и флокуляцию сточных вод. Максимальное снижение ХПК (76,77%), мутности (89,47%), твердого остатка (94,16%)

и цветности (95,29%) наблюдалось при pH 7,12 и дозировке $\text{CuSO}_4 + \text{FeCl}_3$ коагулянта в 0,20 г/л. Конечное значение pH раствора в оптимальных условиях для всех трех коагулянтов было ниже пределов утилизации. Образовавшиеся хлопья характеризовались с помощью анализов XPS, SEM и EDX, чтобы выявить образование ТВСС в качестве промежуточного продукта во время процесса.

Исследование было проведено, чтобы изучить физико-химические характеристики опасных нефтесодержащих нефтешламов (OPS – Oily Petroleum Sludge) до и после экстракции при использовании аппарата Сокслета (рис. 1) [8].

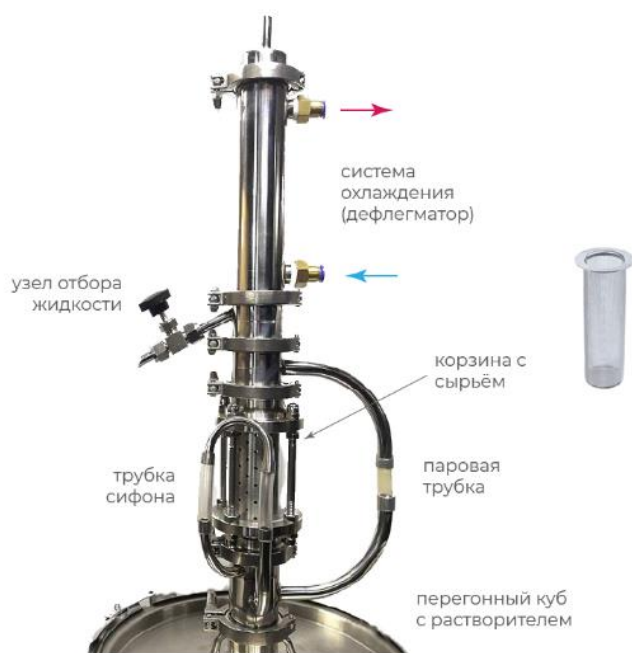


Рис. 1. Аппарат Сокслета

Была проведена экстракция с использованием различных растворителей, таких как петролейный эфир, гексан, толуол и бензол, причем гексан показал наилучшие результаты по количеству извлеченной жидкости. Физико-химические изменения в отходах до и после экстракции гексаном были оценены с использованием различных методов анализа, включая экспресс-анализ, окончательный анализ, TGA/DTG/DTA, FTIR, XRD и SEM-EDX. Жидкость, полученная из отходов, также была исследована с помощью анализа GC-MS*.

*Газовая хроматография-масс-спектрометрия (GC-MS) – это аналитический метод, который объединяет преимущества газовой хроматографии и масс-спектрометрии для определения различных веществ в образце. GC-MS находит широкое применение в различных областях, включая обнаружение наркотиков, расследование пожаров, анализ окружающей среды, исследование взрывчатых веществ, анализ пищевых продуктов и вкусовых характеристик, а также идентификацию неизвестных образцов, включая материалы, полученные с Марса во время зондовых миссий в 1970-х годах. Он также позволяет идентифицировать микроэлементы в материалах, которые ранее не могли быть определены. Как и жидкостная хроматография-масс-спектрометрия, GC-MS позволяет анализировать и обнаруживать даже небольшие количества вещества, что весьма полезно для анализа жидкостей для определения характеристик сточных вод.

Результаты показали, что после экстракции в аппарате Сокслета влажность и содержание летучих веществ в OPS снизились, а содержание связанного углерода увеличилось. Термогравиметрический анализ (TGA) выявил четыре зоны при термическом разложении OPS. Кинетические параметры основной зоны выхода летучих органических соединений были определены с использованием кинетических троек. TGA также показал, что OPS может быть переработан пиролизом в определенном диапазоне температур. Анализ жидкости, полученной из OPS, выявил наличие различных химических веществ,

включая фитол. Эти результаты указывают на потенциал переработки OPS и получение продуктов со значительной добавленной стоимостью.

ВЫВОДЫ

Исследования по очистке сточных вод нефтеперерабатывающих заводов методами термолиза, коагуляции и флокуляции показывают, что применение смешанного катализатора ($\text{CuSO}_4 + \text{FeCl}_3$) дает более высокую эффективность в сравнении с отдельными катализаторами. Медный катализатор оказался более эффективным в щелочной среде, в то время как железный – в кислой. При этом выявлено влияние температуры и pH на снижение мутности, а также возможность очистки нефтешламов пиролизом в диапазоне температур от 250 до 650 °С. В общем, можно сказать, что при предварительной обработке сточных вод нефтеперерабатывающих заводов, катализатор на основе меди показывает лучшие результаты в условиях слабощелочного pH раствора, тогда как для катализатора на основе железа предпочтительнее слегка кислый pH. Катализатор на основе меди также эффективнее в снижении показателей химического потребления кислорода (ХПК) и мутности сточных вод.

Исследование обнаружило, что использование смешанного коагулянта ($\text{CuSO}_4 + \text{FeCl}_3$) эффективнее, чем одиночного, и хорошо подходит для обработки стоков нефтеперерабатывающих заводов с использованием процесса коагуляции и флокуляции. Присутствие меди улучшает снижение химической потребности в кислороде и других параметров. Оптимизация параметров процесса может повысить эффективность процесса, а снижение ХПК, мутности, твердого остатка и цветности может повысить эффективность доочистки сточных вод биохимическими методами. Считаем целесообразным проведение углубленных исследований описанных методов на сточных водах и других категорий. Необходимо установить эффективность процесса, варьируя дозы соли меди, чтобы получить оптимальное соотношение, особенно для очистки других нефтесодержащих сточных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов и предприятий URL: <https://ecb-g.ru/ru/tematicheskie-materialy/10-ochistka-stochnykh-vod-neftepererabatyvayushchikh-zavodov-i-predpriyatij.html> (дата обращения 10.12.2023);
2. Схема очистки сточных вод НПЗ URL: <https://www.vo-da.ru/articles/shema-ochistki-stochnyih-vod-npz/stochnyie-vodyi> (дата обращения 10.12.2023);
3. Bineeta Singh «Treatment of wastewater and Physico-chemical characterization of Sludge collected from Petroleum refinery» // докторская диссертация, 2020 (дата обращения 12.07.2023);
4. Атомная спектроскопия - руководство по выбору подходящего метода и прибора (стр 4.) (дата обращения 10.12.2023);
5. SEM-EDX Analysis URL: <https://measurlabs.com/methods/scanning-electron-microscopy-x-ray-spectroscopy-sem-edx/> (дата обращения 11.12.2023);
6. Анализ FTIR, используемый в лаборатории URL: <https://antiteck.com/ru/%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7-ftir-2/> (дата обращения 11.12.2023);
7. Дисперсионный анализ (ANOVA) URL: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/734258/> (дата обращения 10.12.2023);
8. Экстрактор Сокслета: устройство и принцип работы URL: <https://mzbo.ru/poleznoe/ekstraktor-soksleta-ustroystvo-i-princip-raboty> (дата обращения 13.12.2023);
9. Проблемы повышения эффективности очистки сточных вод нефтеперерабатывающих предприятий А.Ю. Чуркина // Стратегия устойчивого развития регионов №21, 2014, С. 123-127 URL: <https://publish2020.scienceforum.ru/ru/article/view?id=540> (дата обращения 10.12.2023);
10. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов Корепанова Е.В., Чиркова Ю.Н. // научная электронная библиотека КиберЛенинка URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ochistka-stochnyh-vod-neftepererabatyvayushchih-zavodov/viewer> (дата обращения 10.12.2023);
11. ГН 2.1.5.689-98 Предельно допустимые концентрации (пдк) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – URL: http://cawater-info.net/water_quality_in_ca/files/gn-2-1-5-689-98.pdf (дата обращения 11.12.2023);
12. Физико-химические методы очистки сточных вод нефтеперерабатывающей промышленности Залетаев

В.А., Сенякин В.В., Боровская Л.В. // Материалы МСНК "Студенческий научный форум 2024". – 2021. – № 9. – С. 121-122; URL: <https://publish2020.scienceforum.ru/ru/article/view?id=540> (дата обращения: 13.12.2023)

УЛУЧШЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ДРЕНАЖНЫХ ВОД ДЛЯ СБРОСА ИХ В КАРАКУМСКОЕ ОЗЕРО

А.Г. Сапаров¹, Г. Мырадова²

^{1,2}Туркменский государственный архитектурно-строительный институт,

¹agamyratsprv@gmail.com.

²myradovasoltan048@gmail.com

Аннотация

С переброской амударьинской воды с помощью Каракум реки особенно сильно возросли орошаемые площади в Туркменистана. При использовании водных ресурсов на орошаемых землях формируются коллекторно-дренажные воды. С приходом Каракум-реки изменилось и состояние грунтовых вод. В первые годы эксплуатации Каракум-реки вопросы дренажа решались адресно, т.е. непосредственно для каждого хозяйства. На орошаемых землях появились горизонтальные дренажи. Строительство коллекторов решали локальные вопросы дренажа. С приходом Каракум-реки подпитка водоносного горизонта стала происходить за счет фильтрации из канала и связанных с ним поверхностных водотоков из коллекторно-дренажной сети. Вместе с коллекторно-дренажными и канализационными водами на пастбища попадает вода, в которой в большом количестве находятся отравляющие вещества, такие как пестициды. Эти химические яды отравляют растения, а через них попадают в организм животных, в результате чего ухудшается здоровье населения.

ВВЕДЕНИЕ

Туркменистан – один из древнейших районов орошаемого земледелия, еще не заре человеческой цивилизации создавались крупные для своего времени оросительные каналы и ирригационного сооружения. «Родит не земля, а вода», - гласит народная мудрость туркмен. И на протяжении многих веков их мечта о воде была самой заветной. Эта мечта, как эстафета, передавалась из поколения в поколение.

В наши дни, с перебросом в безводные районы амударьинской воды возросли площади орошаемого земледелия в Туркменском бассейне – в 6,5 раз и в предгорной равнине Копетдага – в 3,9 раза. Этот канал, справедливо названный рекой жизни, изменил облик городов и населенных пунктов Туркменистана.

В результате целенаправленной деятельности в области производства сельскохозяйственной продукции при использовании водных ресурсов на орошаемых землях формируются коллекторно-дренажные воды, общий объем которых сегодня оценивается в 6,0 км³, а с учетом объемов коллекторно-дренажных вод, образующихся на территории сопредельного государства – Республика Узбекистан, этот показатель достигает величины 11 км³.

Принятое Президентом Туркменистана решение о создании крупнейшего в нашей стране рукотворного водоёма - Туркменского озера «Алтын асыр», даст начало воплощению в жизнь грандиозной программы преобразования пустынных земель и решению ряда экологических и социально-экономических проблем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С приходом Каракум-реки изменилось и состояние грунтовых вод в связи с геологическими условиями, особенно в предгорной равнине Копетдага. Расположена она на юге Туркменистана и граничит на востоке с населенным массивом Каракумов, на севере – с пустыней Центральных Каракумов и на западе – с Балканским велятом.

Здесь в пределах Ахалского велята находится четыре этрапа: Бахарденский Геоктепинский, Акбугдайский и Каахкинский. На территории Акбугдайского этрапа были построены коллекторы К-1, К-2, К-4, К-5. К-6, соединенные в один главный акбугдайский

коллектор (ГЛК); на территории Геоктепинского этрапа – коллекторы ГКС-1, ГКС-2, ГКС-3, ГКС-4, ГВКС, АК, ГКС-5. На территории Бахарденского этрапа имеются мелкие коллекторы, которые сбрасываются в пустыню, а в пределах Каахкинского этрапа в Каахкинский центральный и западный межхозяйственные коллекторы.

Примером адресного решения дренажа может служить строительство открытых коллекторов западного водохранилища в Рухабатском этрапе, которое началось в 1967 году. Позже, в 1975-1978 годах, в этом массиве был запроектирован и построен закрытый горизонтальный дренаж.

В 1980-1987 годах на территории дехканское объединения Геоктепинского этрапа появились горизонтальные дренажи, охватывающие прилегающие земли Каракум-реки на севере и Фирюзинского шоссе на юге. Были сооружены небольшие горизонтальные дренажи в дехканском объединении Ватан, учхозе Туркменского сельскохозяйственного университета (ТСХУ), дехканском объединении «Карадамак» (1981-1989 г.г.).

Все эти проекты строительства коллекторов решали локальные вопросы дренажа. Сбросы дренажных вод почти от каждого хозяйства осуществлялись самостоятельно, с выводом каждого сброса на поверхность в 2 - 5 км за его пределы.

Тут стоит подробнее сказать о значительном влиянии, оказываемой на гидрогеологическую обстановку хозяйственной деятельности человека.

Формирование грунтового потока, по данным Института «Туркменсувылымтаслама», начинается в южных частях предгорья, где в четвертичные отложения направляется поверхностный сток разгрузки термальной зоны. Следующим важным фактором питания водоносного горизонта с приходом Каракум-реки стал процесс фильтрации вод канала и связанных с ним поверхностных водотоков из коллекторно-дренажной сети, куда производится сброс дренажных и поверхностных вод с предгорной равнины. Подпитка за счет атмосферных осадков незначительна.

В результате фильтрации ирригационных и дренажных вод, а также фильтрации вод Каракум-реки на территории пустыни Каракум, прилегающей к предгорной равнине, за последние годы произошли изменения направленности гидрогеологического процесса. Уровни грунтовых вод начали испытывать подъем, и их режим переведен из естественного положения на наружный ирригационный, предположительно некомпенсированный. Скорость подъема уровня грунтовых вод изменилась от 0,1 - 0,3 м/год до 0,6 - 1,0 м/год. Изменилась со временем, и зона влияния ирригационной системы Каракум-реки, ширина которой к настоящему времени достигла 50 км на площади 16,7 тыс. га.

Разгрузка грунтовых вод осуществляется, частично, путем интенсивного испарения воды на порах, за счет эксплуатации многочисленных колодцев для нужд животноводства, транспирации растениями, оттока подаваемых вод в низменные Каракумы.

Наряды с этим широкое развитие получили процессы заболачивания и затопления территорий, площадь которых значительно меньше, чем площадь подтопления земель и оценивается порядка в несколько сотен га.

Если не принимать надлежащих мер, то зона влияния дренажного сброса будет расширяться со средней скоростью 2,0 - 2,5 км/год и через 20 - 30 лет общая ширина зоны может достичь 100 км. Под угрозой подтопления и выхода из строя может оказаться более 160 тыс. га богарных земель и прекрасных пастбищных территорий.

За последние годы площадь орошаемых земель на предгорной равнине по сравнению с 1996 годом увеличилась на 5310 га и составила 263 438 га. Основные культуры, возделываемые здесь: зерновые - 37%, хлопчатник - 11%, люцерна - 14%, овоще-бахчевые - 6%: сады-виноградники - 8% и др.

Источниками питания ирригационных систем Копетдагской зоны является Каракум-река, горные речки Фирюзинка, Кельтечинар Кара-Су (Багирка), два кяриза: один в дехканском объединении Акдашаяк, второй - в районе дехканского объединения С.Ниязова (кяриз Кипчак-Геокча) с общим расходом 260 л/с.

Подача воды на орошение осуществляется из Каракум-реки как самотечным способом - на земли севернее канала, так и машинным подъемом при помощи 8 насосных станций на земли южнее Каракум-реки.

В большинстве своем, ирригационные каналы прокладываются в земляном русле. Межхозяйственные каналы работают круглый год. Общая протяженность оросительной сети на предгорной равнине составляет: 5 493 км, в том числе межхозяйственной 572 км, внутривозделной – 4921 км. Удельная протяженность оросительной сети составляет 20,85 п.м. на 1 га; коэффициент полезного действия коллекторно-дренажной сети оросительных систем -0,64.

Суммарный водозабор по предгорной равнине Копетдага за последние годы по данным эксплуатационных организаций составил 2518,32 млн куб.м при плане 2168,69 млн куб.м или 116,6% (1996 - 2528,82 млн м³); вод подача на орошение - 2332,85 млн м³ при плане 1940,41 млн м³ или 120,2%.

С формированием мелиоративной обстановки определенную роль играет качество оросительной воды. Средневзвешенная минерализация оросительной воды составляет 0,68 г/л в течение 1997 года, она практически мало изменилась и находилась в пределах 0,54 - 0,88 г/л. Общая протяженность коллекторно-дренажной сети -4051 км, в том числе на орошаемых землях - 3215 км; межэтрапная и межхозяйственная сети -824 км, внутривозделная - 3197 км. Удельная протяженность коллекторно-дренажной сети в целом – 15,4 п.м на 1 га (1996 - 17,7 п.м на га) Наибольшая удельная протяженности в Геоктепинском этрапе - 27,9 п.м га, наименьшая в Кажкинском этрапе – 5,3 п.м/га. Процент обеспеченности дренажа орошаемых земель предгорной равнины Копетдага, составляет 39%. Отвод дренажных вод -282,4 млн. м³, т.е. с 1 га – 1,07 тыс. м³ (в 1996г. – 1,24 тыс. м³). Средняя минерализация дренажного стока по предгорной равнине -3.10 г/л.

По данным Института «Туркменсувылымтаслама», недостаточно хорошо обстоят дела с постройкой дренажных стоков в дехканских объединениях.

В целом дренажный сток по предгорной равнине в 1997 годы составил 12,1% от водоподачи (1996 год - 13,7%). Снижение дренажного стока в предгорной равнине напрямую связано с сокращением по сравнению с 1996 годом водозабора и водоподачи на орошаемые земли.

На мелиоративное состояние орошаемых земель влияет и состояние коллекторно-дренажной сети. Рассмотрим пример этого влияния на экономическое состояние коллектора К-1 «Кардамак».

В существующем положении коллектор Кардамакский (бывший К-1) представляет собой размытое русло с обрывистыми краями.

Большие уклоны русла коллектора без наличия сопрягающих сооружений и все нарастающих сброс дренажных вод (сброс из города Ашхабада) ведут к размыву русла, обрушение его берегов и потерям пустынной зоны.

В нескольких километрах коллектора нет ни одного гидротехнического сооружения, мосты разрушены, трубчатые перепады создают подпор.

В полутора километрах на север за пределами «Кардамак» в дренажные воды попадают канализационные воды и, смешиваясь, общим сплошным потоком направляются в район, заполняя колодцы и заливая пастбищную территорию. Вместе с коллекторно-дренажными водами (КДВ) и канализационными, на пастбища попадает вода, в которой в большом количестве находятся такие отравляющие вещества, как пестициды (дихлордифенилтрихлорметилэтан (ДДТ), гексахлорциклогексан (ГХЦГ) и др., фенолы, тяжелые металлы (цинк, кадмий, медь свинец и др.). Эти химические яды отравляют растения, а через них попадают в организм животных, соответственно, через растения, мясо, молоко – в организм человека, в связи, с чем ухудшается здоровье населения.

Уровень залегания грунтовых вод в декабре 1997 годы по трассе Ю1 изменился от 0,4 м до 6,5 м, по трассе К-2 от 1,5 до 6,5 м. Минерализация грунтовых вод по трассе этих

коллекторов колеблется от 1,7 до 2,5 г/л, тип воды сульфатно-натриево-магниевый-кальциевый и сульфатно-хлоридно – натриево-кальциево-магниевый.

По качеству коллекторно-дренажные воды Акбугдайского этрапа можно отнести к слабо минерализованным. Так, в среднем минерализация коллекторов К-1 дайханского объединения «Мир» составила 1,5 г/л, К-5 дайханского объединения Акдашаяк – 1,45 г/л, С-О дайханского объединения им. М. Сопыева Акбугдайского этрапа - 2,5 г/л, К-1, К-2 дайханского объединения «Туркменистан» Акбугдайского этрапа – 2,6 г/л. В разрезе года, минерализация по коллекторам имела некоторые колебания.

КДВ—это интегральный показатель загрязненности воды, выносимой из конкретного региона в результате сельскохозяйственной деятельности человека. Поэтому коллекторно-дренажные воды могут служить мерой оценки не только качества КДВ, но и качества оросительной воды, а также загрязненности экзогенными химическими веществами (ЭХВ) грунта.

Качество воды – степень пригодности ее для той или иной деятельности и жизни человека и живых организмов. Качество воды предопределяет в ней строго лимитируемое количество химических компонентов и оптимальные физические свойства по тому или иному назначению. Каково на сегодня в этой связи положение, можно судить по материалам, полученным лабораторией Национального института пустынь, растительного и животного мира Минприроды Туркменистана, а также других институтов. При рассмотрении полученных нами данных по загрязнению коллекторно-дренажных вод Прикопетдагского региона, в восточной части Прикопетдагской зоны коллекторно-дренажные воды коллекторов С-1, С-2 и С-3 более минерализованы (до 2,5 - 2,7 г/л), чем коллекторно-дренажные воды коллекторов западной части: ГКС-1, ГКС-3, ГКС -4 (до 1,2 - 1,5 г/л), исключая ГКС-5, где минерализация достигала почти 13 г/л, что обусловлено аккумуляцией именно в этом коллекторе всех вод коллекторов Геоктепинского этрапа. Кроме того, вода коллектора ГКС-5 относится к сульфатному классу, хотя все остальные рассматриваемые воды - хлоридного класса. При этом группа, соответственно, меняется от магниевой к кальциевой.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследованиями, проведенными в 2002 году, также установлено, что уровень общей органической загрязненности воды коллектора ГГК достигает 52,0 мг/л при ХПК 11,2 мг О₂/л, что более чем в два раза превышает предельно допустимые концентрации (ПДК). При этом насыщенность биогенными элементами существенна.

Коллекторы восточной зоны С-1 и западной ГКС -5 отличаются загрязненностью при заметной насыщенности всеми формами азота (особенно аммонийной), наличием железа и фосфора предельной насыщенности.

Анализы, проведенные Институтом химии АН Туркменистана показали, что в коллекторно-дренажных водах имеются биогенные элементы. Так, например, содержание NO₃ колеблется в пределах 1,04 - 4,0 мг/л, NO₂ 0,025 - 0,158 мг/л, P₂O₅ 0,01 - 0,34 мг/л, общего Fe 0,38 - 0,87 мг/л.

В.В. Жарковым были обследованы некоторые коллекторы Геоктепинского этрапа, в частности коллектор С-О в дайханском объединении М. Сопыева, где главным образом определялось наличие пестицидов в коллекторно-дренажных водах.

Результаты представлены в таблице.

Табл. Содержание пестицидов в воде и донном иле коллектора С-О

Место отбора	Месяц отбора проб	Содержание пестицидов					
		ГХЦГ	ГХЦГ	ДДЭ	ДДД	ДДТ	Всего
В воде мг/л							
Створ 1	апрель	0,003	0,0057	0,0075	0,800	1,300	2,735
Створ 1	октябрь	1,000	1,062	1,062	1,106	0,035	1,209
Створ 2	апрель	0,005	0,143	0,143	0,640	0,800	1,638
Створ 2	октябрь	0,075	0,077	0,077	0,011	0,162	0,331
Створ 3	апрель	следы	следы	следы	0,400	6,400	0,825
Створ 3	октябрь	0,034	0,060	0,060	0,006	0,017	0,121
В донном иле мг/кг							
Створ 1	апрель	0,065	0,600	0,092	0,148	0,828	0,933
Створ 1	октябрь	0,660	20,000	0,086	4,762	1,845	5,456
Створ 2	апрель	2,241	10,550	0,698	4,080	1,190	27,253
Створ 2	октябрь	0,642	18,000	0,800	19,100	15,500	18,759
Створ 3	апрель	1,494	10,550	1,745	8,160	2,380	54,040
Створ 3	октябрь	0,480	18,000	0,428	0,530	29,300	24,329

Примечание: Створ 1 находится на 2-ом км от начала коллектора, створ 2 на 15 км, створ 3 на 26 км.

В отдельные годы объем внесения пестицидов по Геоктепинскому этрапу по некоторым показателям значительно превосходит предельно допустимые концентрации (ПДК).

Так, например: тетран - 18,97 кг/га (ПДК 10 - 16 кг/га); ниорофен - 99,35 кг/га (ПДК 40 - 75 кг/га), 12% ГХЦГ - 24,0 кг/га (ПДК 15 - 20 кг/га), хлорофос – 11,969 кг/га (ПДК 20 - 30 кг/га); сера молотая – 250 кг/га (ПДК -20-30 кг/га); БИ-58 (рогор) – 8,312 кг/га (ПДК 1,0 - 3,5 кг/га).

Принятое Президентом Туркменистана решение о разработке нового государственного проекта по освоению Центральных Каракумов и созданию крупнейшего в нашей стране рукотворного водоёма - Туркменского озера «Алтын асыр» поражает своей масштабностью.

Реализация этого проекта позволит более рационально использовать сбросные коллекторные воды, значительно увеличить водные запасы и вторично использовать их на народнохозяйственные нужды.

По Туркменистану ежегодно сбрасывается в пустыню примерно 2 км³ слабоминерализованных вод (до 2,5 г/л). И экономический эффект выглядит убедительно за счет вторичного их использования. А если учесть урожай, полученный за счет этих вод, то экономический эффект увеличится в десятки раз. В указе Президента Туркменистана сказано, «в Туркменское озеро будет отводиться до 10 км³ воды в год», что коренным образом увеличит мелиоративное состояние орошаемых земель практически на всей территории Туркменистана. Сегодня это 1800 тыс. гектаров, а в перспективе она увеличится до 2250 тыс. гектаров. Осуществление грандиозного проекта Туркменского озера «Алтын асыр» будет способствовать значительному увеличению производства сельскохозяйственной продукции во всех регионах страны, решению стратегической задачи продовольственной безопасности нашего государства.

Реализация государственного проекта по освоению Центральных Каракумов и созданию крупнейшего в нашей стране рукотворного озера даст начало воплощению в

жизнь грандиозной программы преобразования пустынных земель и решению ряда экологических и социально - экономических проблем.

Поскольку транспортировка дренажных вод по пустынным пастбищным территориям связана с опасностью загрязнения территорий пестицидами и ядохимикатами, предлагается очищать дренажные воды на биоплате или на специальных сорбционных установках и сооружениях [3,4,5]. Биоплата должна быть расположена на коллекторах с расходом более 1 м³/с, а сорбционные установки на коллекторах с расходом до 1 м³/с.

Биоплата – это русловое уширение коллектора с глубинами наполнения до 1 м, протяженность биоплаты должна достигать 1 км при ширине 135 м с расходом 10 м³/с. Эти размеры зависят от степени загрязнения, расхода воды и очищающей способности растительности.

Биомассу с биоплаты необходимо убирать, лучше всего осенью и сжигать. Немаловажным условием биоплаты является время пребывания и констатирования загрязненных дренажных вод с микрофитами. Скорость потока должна быть в пределах 0,05 до 0,3 м/с.

Сорбционные сооружения состоят из батареи ящиков, наполненных специальными фильтрующими материалами, способными очищать воду от пестицидов, фенолов, тяжелых металлов и др.[1,4,5,6].

В настоящее время по нашему предложению Институтом «Туркменсувылымтаслама» запроектированы сооружения для очистки коллекторно-дренажных вод в Ахалском велаяте на коллекторах ДК-2 Геоктепинского этрапа. Всего по Туркменистану уже запроектировано построить 28 сооружений, ГД-1, вновь сорящегося коллектора К-5 Геоктепинского этрапа.

Все эти сооружения необходимо построить после выхода коллекторно-дренажных вод из культурной зоны, оздоравливая тем самым экологию пустыни.

Проведение мероприятий по очистке коллекторно-дренажных вод на биоплате и на сорбционных сооружениях не снимает вопроса о рациональном использовании гербицидов, пестицидов и минеральных удобрений, так как загрязнение возвратных вод происходит из-за низкой культуры ведения земледелия [7].

Правильное использование минеральных удобрений - эффективное средство защиты окружающей среды, их применение улучшает структуру почвы, повышает ее устойчивость к водной и ветровой эрозии.

ВЫВОДЫ

Для предупреждения попадания удобрений в водные источники необходимо:

- соблюдать соответствующие нормы внесения удобрений по потребностям растений;
- установление оптимальных сроков внесения удобрений с учетом биохимических особенностей почвы;
- дробное внесение удобрений в период вегетации;
- внесение удобрений с оросительной водой, что уменьшит их дозу.

Для ограничения поступления пестицидов в водные объекты необходимо предусмотреть следующие мероприятия:

- совершенствовать систему их применения. Прежде всего, усилия должны быть направлены на сокращение использования стойких препаратов: пестициды следует применять только при сильной зараженности вредителями;
- использовать с целью уменьшения рассеивания пестицидов в окружающей среде очаговую, ленточную или краевую обработку вместо сплошной. При такой обработке расход пестицидов снижается в несколько раз при аналогичном производственном эффекте, так как на необработанных территориях сохраняются естественные враги вредителей (энтомофаги и др.);
- шире применять биологические методы защиты растений вместо пестицидов;

- запрещать химическую обработку орошаемых земель путем авиаопыления. Основным способом применения пестицидов должно стать ультра малообъёмное опрыскивание.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Жарков В.В., Жарков Д.В.* Временный патент № 137 (Туркменистан) Способ получения цеолитового сорбента для очистки сточных, коллекторно-дренажных, подземных и поверхностных вод. Опубл 17.09.1996.
2. *Коган Ш.И.* Каракумский канал и его жизнь. Ашхабад 1991, Ылым, 81 с.
3. Мелиоративное состояние орошаемых земель Туркменистана за 1997 год. Министерство мелиорации и водного хозяйства Туркменистана. Гидрогеологическая мелиоративная экспедиция. Ашхабад. 1998, с. I-17.
4. *Жарков В. В., Утяганов Р. З., Жарков Д. В.* Сооружение для очистки коллекторно-дренажных и сточных вод. – 1996.
5. *Жарков В.В., Жарков Д.В. и Утяганов Р.З.* Патент № 2062634 (Российская Федерация) Сооружение для очистки коллекторно-дренажных и сточных вод. Бюл. № 18 от 27.06.1996.
6. *Жарков В. В., Жарков Д. В.* Способ очистки сточных коллекторно-дренажных и подземных вод. – 1996.
7. *Воронов Ю.В., Яковлев С.В.* Водоотведение и очистка сточных вод. Учебник для вузов, 2006. 702 с

ОБЗОР ИЗМЕНЕНИЙ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В 2023 ГОДУ

И.М. Евграфова¹, В.В. Симонян²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹irina-sen811@yandex.ru,

²vladimir55@gmail.com.

Аннотация

В 2023 году вступили в силу ряд законодательных изменений в области экологической безопасности. В данной работе проведен анализ изменений, даны разъяснения по поводу спорных моментов, а также приведены примеры из строительной области. Отдельное направление рассмотрения – это изменения природоохранного законодательства для животноводческих хозяйств. Министерство природных ресурсов и экологии РФ существенно расширило свои полномочия в части вступления в активную фазу формирования в России экономики замкнутого цикла. Даны разъяснения по впервые разработанной методике и механизму учета парниковых газов и озонразрушающих веществ. Рассмотрены изменения получения комплексного экологического разрешения и проведения производственного экологического контроля для природопользователей. Полученные результаты могут быть полезны изыскателям, проектировщикам и строителям.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с ФЗ от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды», далее ФЗ-№7, определены объекты, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду. К ним могут относиться практически все объекты капитального строительства, ремонта или реконструкции. Но, на практике таковыми объектами признаются не все [1, 2]. Начиная с 1990-х сложилась законодательная практика заявительного принципа воздействия на окружающую среду [3-5]. Т.е., природопользователь сам заявляет о воздействии на окружающую среду, а государство после этого осуществляет контрольную деятельность воздействия. За сокрытие воздействия на окружающую среду предусмотрены главным образом административная, а в особо тяжких случаях и уголовная ответственность [6].

Степень государственного контроля и все компенсационные выплаты зависят от уровня воздействия на окружающую среду и в соответствии со ст. 4.2 ФЗ - №7 все объекты подразделяются на четыре категории [7, 8]:

1 категория. Объекты, оказывающие значительное воздействие на окружающую среду. Относятся к области применения наилучших доступных технологий.

2 категория. Объекты, оказывающие умеренное негативное воздействие на окружающую среду.

3 категория. Объекты, оказывающие незначительное негативное воздействие на окружающую среду.

4 категория. Объекты, оказывающие минимальное незначительное негативное воздействие на окружающую среду.

Строительные объекты (стройплощадка), продолжительностью производства работ более 6 месяцев относятся к 3 категории объектов, а менее 6 месяцев – к 4 категории. Категория объекта может быть изменена при актуализации учетных сведений об объекте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данной работе использовался логический и сравнительно-правовой метод исследований законодательной базы в области экологической безопасности [9, 10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С 1 марта 2023 года вступило в силу постановление Правительства Российской Федерации от 04.08.2022 № 1386 «О порядке рассмотрения заявок на получение комплексных экологических разрешений, выдачи, переоформления, пересмотра, отзыва комплексных экологических разрешений и внесения в них изменений». Новые правила получения КЭР предусматривают следующие нововведения: срок выдачи разрешения территориального органа Росприроднадзора не должен превышать 63 рабочих дня с даты регистрации заявки на получение КЭР, которую можно подать в т. ч. через портал Госуслуги. Также заявку не нужно будет направлять для рассмотрения в Роспотребнадзор, Росводресурсы и Минприроды. Комплексное экологическое разрешение может быть продлено на семь лет при соблюдении установленных требований.

Произошло изменение порядка проведения государственной экологической экспертизы (ГЭЭ) с 1 марта 2023 года (постановление Правительства РФ от 05.09.2022 № 1562 «О внесении изменений в Положение о проведении государственной экологической экспертизы»). Изменились сроки проведения ГЭЭ, начало срока проведения экспертизы в течение 5 рабочих дней с момента оплаты и приемки рабочих материалов; общий срок проведения экспертизы не должен превышать 42 рабочих дня, либо 2 календарных месяца. Порядок направления материалов на ГЭЭ в электронном виде через портал Госуслуг или ведомственный программный ресурс (должны быть подписаны УКЭП для юридических лиц и ИП, простой ЭЦП — для физических лиц). Сроки действия выданных положительных заключений с учетом срока реализации объекта экспертизы, но не менее 5 лет.

В соответствии с постановлением Правительства РФ от 05.09.2022 № 1562 произошло изменение исчисления платы за превышение выбросов парниковых газов. Постановление Правительства РФ от 05.08.2022 № 1390 установило Правила исчисления и взимания платы за превышение квоты выбросов парниковых газов в рамках проведения эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов на территории Сахалинской области. Согласно Постановлению № 1390, регулируемая организация (ответственная за сдачу отчета о выбросах парниковых газов) исчисляет размер платы самостоятельно по установленной формуле. Информация о внесении платы вместе с платежным документом включается в углеродную отчетность. На текущий момент Постановление № 1390 актуально лишь для регулируемых организаций, ведущих свою деятельность на территории Сахалинской области, так как там ведется эксперимент по ограничению выбросов парниковых газов. Предполагается, что опыт Сахалинского эксперимента будет масштабирован на другие регионы в рамках Стратегии низкоуглеродного развития Российской Федерации до 2050 года.

Введение обязательной отчетности по выбросам парниковых газов Федеральный закон от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» предусматривает предоставление с 1 января 2023 года регулируемыми организациями отчета об объеме выбросов парниковых газов за предыдущий отчетный период (календарный год) (статья 14 Федерального закона от 02.07.2021 № 296-ФЗ). К регулируемым организациям (т. е. тем, кто обязан предоставить отчетность о выбросах парниковых газов) относят компании, деятельность которых одновременно: сопровождается выбросами парниковых газов, масса которых эквивалентна 150 и более тыс. тонн CO₂ в год; соответствует производственным процессам или деятельности по перечню и показателям согласно приложению к Критериям, утвержденным постановлением Правительства РФ от 14.03.2022 № 355.

Постановление Правительства РФ от 18.02.2022 N 206 "О мерах государственного регулирования потребления и обращения веществ, разрушающих озоновый слой". Пункт 6 и Приложение 1 вступили в силу с 01.09.2022 и действуют 6 лет. В целях государственного учета обращения озоноразрушающих веществ юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие производство, использование, хранение, рекуперацию,

восстановление, рециркуляцию (рециркулирование) и уничтожение озоноразрушающих веществ на территории РФ:

а) ведут учет произведенных, использованных, находящихся на хранении, рекуперированных, восстановленных, рециркулированных и уничтоженных озоноразрушающих веществ;

б) представляют ежегодно, не позднее 1 апреля, в Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации отчетность за прошедший год о произведенных, использованных, находящихся на хранении, рекуперированных, восстановленных, рециркулированных и уничтоженных озоноразрушающих веществах по форме согласно приложению N 1;

в) обеспечивают своевременность представления отчетности о произведенных, использованных, находящихся на хранении, рекуперированных, восстановленных, рециркулированных и уничтоженных озоноразрушающих веществах и достоверность сведений, указанных в отчетности.

В 2023 году произошло изменение формы декларации о плате за негативное воздействие на окружающую среду (НВОС) в соответствии с Приказом Минприроды России от 21.09.2022 № 624 «О внесении изменений в приложение 2 к Приказу Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 10 декабря 2020 г. № 1043». Новая форма декларации о плате за НВОС дополнена строками для отражения показателей платы за размещение побочных продуктов производства, признанных отходами.

Произошло упрощение порядка утверждения проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (НООЛР). С 1 марта 2023 года возможна подача заявления об утверждении НООЛР посредством портала Госуслуг. Кроме того, срок рассмотрения НООЛР в территориальном органе Росприроднадзора для их утверждения сокращается с 30 до 18 рабочих дней.

Федеральный закон от 14.07.2022 N 268-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "Об отходах производства и потребления" и отдельные законодательные акты Российской Федерации", начавший действовать с 01.03.2023 (за исключением отдельных положений) впервые ввел понятие побочных продуктов, которые выводятся из статуса отходов и за которые не производится плата за загрязнение.

В соответствии со статьёй 17.1 N 268-ФЗ, отходы, которые или части которых могут быть повторно использованы для производства товаров, выполнения работ, оказания услуг или получения энергии могут быть отнесены к вторичным ресурсам. Вторичные ресурсы подлежат утилизации, и их захоронение не допускается. Юридические лица, индивидуальные предприниматели, в результате хозяйственной и (или) иной деятельности которых образовались вторичные ресурсы, обеспечивают их утилизацию самостоятельно либо передачу другим лицам в целях утилизации. Вторичные ресурсы, относящиеся к отходам I и II классов опасности, передаются в целях утилизации с учетом особенностей. Физические лица, в процессе потребления которыми образуются вторичные ресурсы, обеспечивают их раздельное накопление в местах (на площадках) накопления твердых коммунальных отходов либо сдачу в места сбора вторичных ресурсов. В местах сбора вторичных ресурсов может осуществляться складирование вторичных ресурсов как по видам вторичных ресурсов, так и по группам однородных отходов в соответствии с требованиями при обращении с такими группами.

С 1 марта 2023 вступил в силу Федеральный закон от 14.07.2022 N 248-ФЗ "О побочных продуктах животноводства и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации". Главной целью данного Федерального закона является повышение эффективности вовлечения побочных продуктов животноводства в сельскохозяйственное производство, в том числе для обеспечения воспроизводства плодородия земель сельскохозяйственного назначения. Побочные

продукты животноводства не признаются отходами, но необходимо вести их строгий учет и реализовывать или утилизировать как побочный продукт.

ВЫВОДЫ

В целом, 2023 год ознаменовал вступление в силу целого ряда законов в области экологической безопасности. Впервые в экологической практике определено понятие побочного продукта и побочного продукта животноводства, появился экономический стимул вовлекать их в цикл утилизации. Упростилась процедура экологической регистрации объектов, получения комплексных экологических разрешений, прохождения государственной экологической экспертизы и предоставления отчетов посредством Госуслуг. Также впервые разработана методическая база и процедура отчетности по парниковым газам и озонразрушающим веществам. Таким образом, намечается тенденция по упрощению для природопользователей ведения экологической отчетности и экономическом стимулировании применения на практике экологических решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Чертыхов Н.А.* Особенности применения арбитражным судом амурской области положений законодательства о нарушениях в области охраны окружающей среды // Экономическое правосудие на Дальнем Востоке России. 2022. № 3 (26). С. 36-39.
2. *Леонова А.Д.* Разграничение уголовной и административной ответственности за нарушения законодательства в области охраны окружающей среды // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. № 12-1 (75). С. 200-204.
3. *Колосова Т.Е., Каримова А.М.* Актуальные вопросы совершенствования законодательства в области охраны окружающей среды // Скиф. Вопросы студенческой науки. 2023. № 1 (77). С. 19-23.
4. *Войнова М.В.* Основные этапы формирования экологического законодательства исламской республики Иран в области охраны окружающей среды Каспийского моря // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. 2023. № 2. С. 69-82.
5. *Рязанова Д.А.* История создания законодательства в области охраны окружающей среды // Вестник молодых ученых Самарского государственного экономического университета. 2023. № 2 (48). С. 121-123.
6. *Сидоренко Т.А.* Меры административной ответственности за нарушения законодательства в области охраны окружающей среды // Студенческий вестник. 2022. № 9-2 (201). С. 28-30.
7. *Берсенев А.А., Кузьменко А.А.* Административные правонарушения в области охраны окружающей среды и природопользования в законодательстве РФ и республики Польша // Молодой ученый. 2022. № 20 (415). С. 253-257.
8. *Керносеев М.В.* Юридическая ответственность за нарушение законодательства в области охраны окружающей среды // Образование и право. 2022. № 5. С. 254-260.
9. *Идрисов Я.А., Бурхонова А.И.* Имплементация международных норм в области охраны окружающей среды в законодательство республики Таджикистан // Законодательство. 2022. № 1 (45). С. 90-96.
10. *Позняк С.С.* Некоторые вопросы правового регулирования ответственности за нарушение законодательства в области природопользования и охраны окружающей среды в республике Беларусь // Вопросы криминологии, криминалистики и судебной экспертизы. 2022. № 1 (51). С. 11-19.

Секция 5. Безопасность зданий и сооружений

УЧЕТ ЖЕСТКОСТИ СОПРЯЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ХРУПКОМ И ПЛАСТИЧНОМ ХАРАКТЕРЕ РАЗРУШЕНИЯ

С.Р. Меликсетян

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
MSR080802@mail.ru.*

Аннотация

Приведены результаты численного исследования фрагмента железобетонного каркаса многоэтажного здания при особом воздействии в виде внезапного гипотетического удаления из работы одной колонны. Для более строгой оценки напряженно-деформированного состояния железобетонных каркасов многоэтажных зданий предложено учитывать упругопластическую работу узлов сопряжения конструктивных элементов. Рассмотрено два варианта модели рам с различной степенью армирования горизонтальных несущих конструкций: первый – с двойным армированием, второй – с симметричным. По результатам анализа установили, что симметричное армирование (не превышающее значение относительной граничной высоты сжатой зоны бетона) имеет более сдержанный, плавный, высокочастотный колебательный характер и как следствие, разрушение элементов конструкции происходит более предсказуемо, нежели при перearмированном сечении, здесь наблюдается резкое торможение колебательного процесса в связи выхода из работы матрицы бетонного заполнителя. Так же результаты численного анализа показали, что сильное изменение внутренних усилий (до 4,33 раз) в элементах железобетонных систем произошло вследствие нелинейной работы как конструкционных материалов, так и геометрической нелинейности изменения размеров расчетной схемы вследствие учета податливости узлов. Большое расхождение получили при анализе перемещений конструкции из-за более резкого увеличения значения перемещения перearмированной рамы, несмотря на это расхождение в максимальном амплитудном значении перемещения, скорости и ускорения были незначительными и составляли около 2 %. Установленные явления требуют дальнейшей экспериментальной проверки с учетом различных типов устройства соединений конструктивных элементов.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время все чаще и чаще в качестве несущей системы гражданских зданий стали применять монолитные каркасные системы. Выбор именно этой системы достаточно очевиден, так как имеет ряд преимуществ, такие как большой спектр вариативности объемно-планировочных решений, скорость возведения, отсутствие швов (по сравнению со сборной, сборно-монолитной системами), небольшой показатель усадки, высокая живучесть.

Зачастую при проектировании конечно-элементной модели в различных программных комплексах узлы сопряжения каркаса создают как жесткие, в целях упрощения расчета, но как показывает практика и экспериментальные исследования направленные на повышения живучести монолитных каркасов зданий, представление сопряжения в таком виде не является корректным, иногда даже фатальным (при опасных техногенных и природных воздействиях), так как в зависимости от напряженно деформированного состояния (НДС) конструкции характерные показатели могут отличаться вплоть до 30% (в худшую сторону) [17-19].

Решению проблем, связанных определением действительной работы монолитных железобетонных конструкции как при эксплуатационных нагрузках, так и при аварийных воздействиях, посвящены работы Травуш В. И. [1-2], Белостоцкого А.М. [3], Бондаренко В. М. [4-5] Колчунова В. И. [1-2,5-8], Федоровой Н. В. [9-13] и др. Несмотря на огромных объем работы, проделанной учеными в рамках изучения сложного напряженно

деформированного состояния конструкций, учет податливости сопряжения ригеля и колонны при аварийных динамических воздействиях изучен недостаточно. Есть различные подходы по учету податливости стыков при статических нагрузках [14-15], но они не позволяют определить состояние конструкции в частных случаях НДС. В связи с этим целью настоящей работы является оценка разрушения железобетонных сечений с различной насыщенностью арматурной стали с учетом податливости узлов сопряжения элементов несущей системы из монолитного железобетона при аварийных воздействиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Идея исследования заключается в сравнении динамических характеристик и внутренних усилий железобетонной монолитной рамы с разным расположением и составом арматурного каркаса при моделировании явления прогрессирующего разрушения (задаваемое путем выхода из работы крайней колонны нижнего яруса в динамической подстановке). В качестве объекта исследования используется модель железобетонного монолитной рамы, изготовленного в масштабе 1:6, геометрические характеристики которой указаны на Рис 1. Были рассмотрены две модели рам: с двойным армированием и с симметричным.

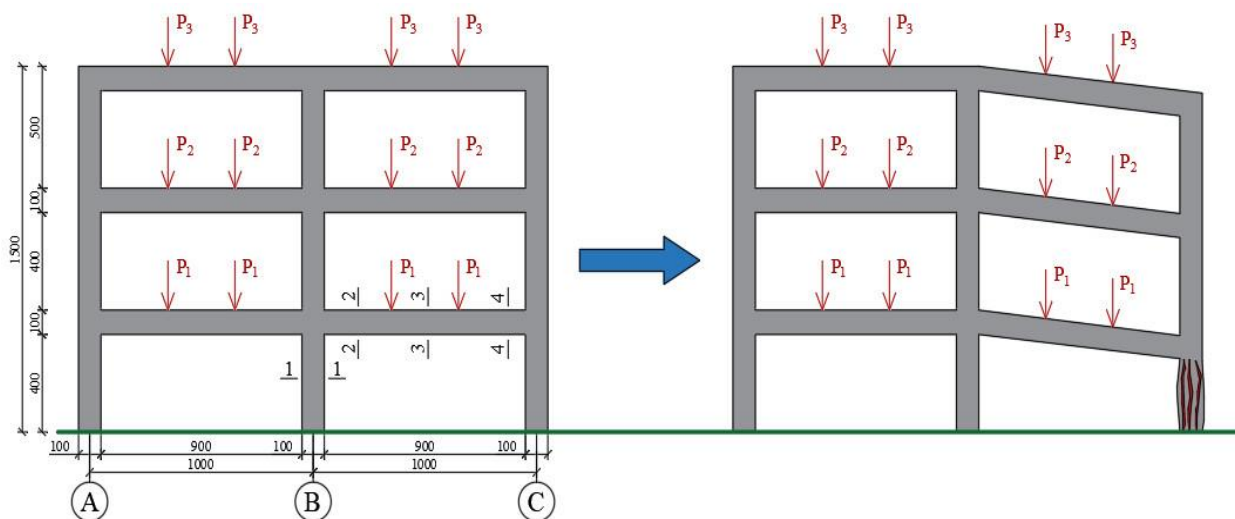


Рис. 1. Геометрические характеристики модели рамного каркаса.

Модели рам выполнены из бетона класса В40. Расположение арматуры в теле бетона изображено на Рис. 2. Размер поперечного сечения колонн и ригелей 50x100 мм. 1-1 – сечение колонны каркаса (1,2 серии), 2-2 – сечение приопорного участка ригеля (2 серия), 3-3 – сечение пролетного участка ригеля (2 серия) 4-4 – сечение ригеля (1 серия). Поз. 1 – продольная рабочая арматура $\varnothing 8A500$, поз. 2 – поперечная проволока каркаса $\varnothing 2Bp500$, поз. 3 – продольная проволока каркаса $\varnothing 4Bp500$ поз. 4 – продольная рабочая арматура $\varnothing 8A400$. Отметим, что сечение ригеля 2 серии является «переармированным», так как относительная высота сжатой зоны сечения (ξ) больше граничной (ξ_R), это подразумевает, что характер разрушения будет хрупкий.

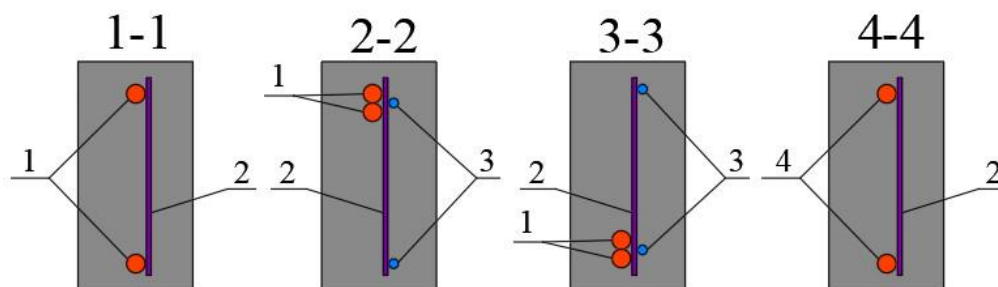


Рис. 2. Сечения железобетонных элементов каркаса.

Прочностные и деформационные характеристики материалов учитываются кусочно-линейными законами деформирования.

Нагрузочные параметры располагаются через каждые $1/3$ пролета и задаются в виде сосредоточенных сил. Величина P_1, P_2, P_3 учитывает таким образом, чтобы нижележащие элементы каркаса исчерпывали весь потенциал несущей способности.

Для создания демпфирования был проведен модальный анализ конструктивной системы (для определения коэффициентов Релея). Степень податливости узлов задавалась с помощью диаграмм «момент – угол поворота», «поперечная сила – деформация» и «продольная сила – деформация» [17-18] и интегрировалась в качестве специального конечного элемента в программный комплекс (Рис. 3).

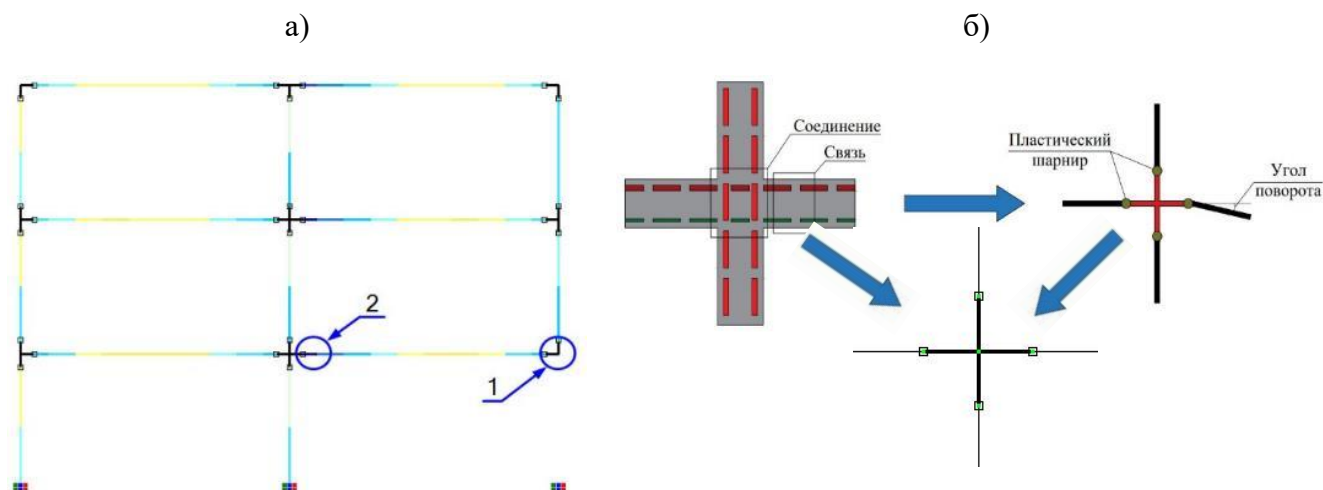


Рис. 3. а) Расчетная модель в ПК, б) Податливость узлов сопряжения.

Для дальнейшего анализа определяем наиболее характерные точки (Рис. 3,а): 1 – приопорный участок ригеля над удаляемой колонной (возникают самые большие перемещения), 2 – приопорный участок ригеля (возникают самые большие внутренние усилия).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате выполненного расчетного анализа был выявлен характер изменения во времени внутренних усилий для наиболее нагруженного элемента конструктивной системы (Точка 1) (Рис. 4) и характер изменения динамических показателей (Точка 2) (Рис. 5).

Анализируя Рис. 4,а изменения во времени изгибающих моментов получили разницу в максимальном амплитудном значении в 20%. Отметим, что в симметричной раме более выражен характер затухания колебаний (он имеет порядка 4 волн, соответственно имеет большую частоту) (за количество волн принимаем экстремумы диаграмм: 1 экстремум – 1 волна), в переармированной же он резко затухает (через 2 волны). В процессе затухания расхождения составляют до 2,7 раза.

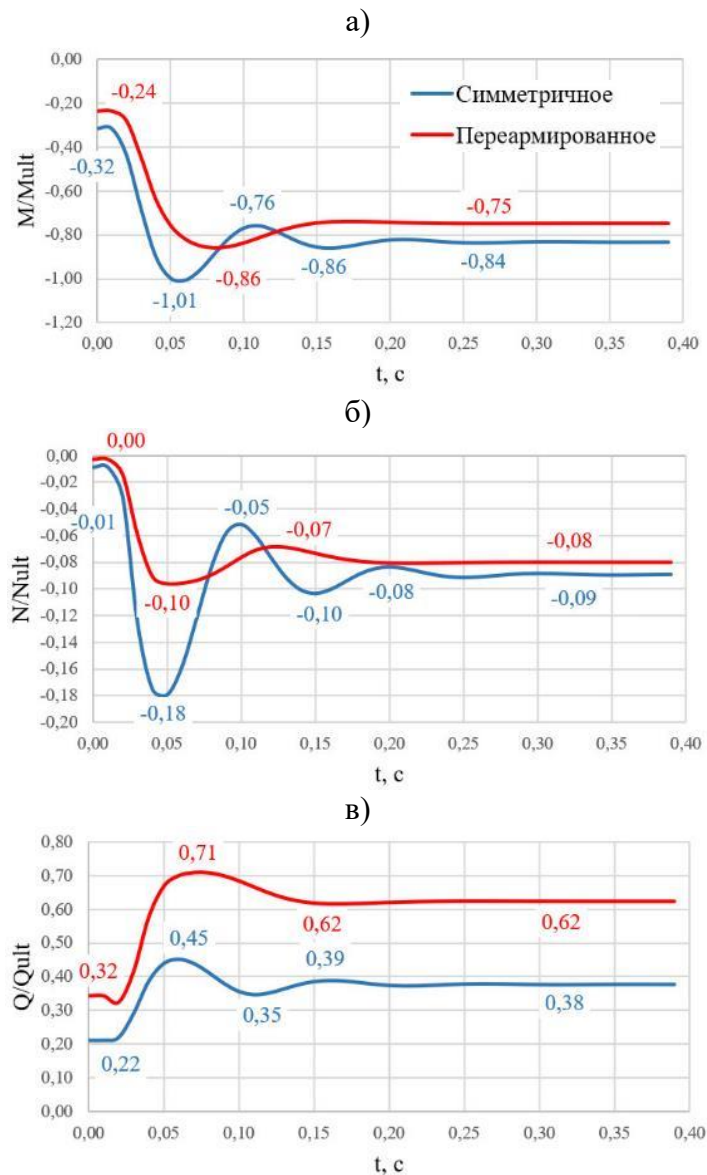


Рис. 4. Изменение во времени при динамическом отказе крайней колонны нижнего яруса (Точка 1): а) Изгибающие моменты, б) Продольные силы, в) Поперечные силы.

Продольные силы (Рис. 4,б) получили разницу в максимальном амплитудном значении в 70%. Аналогично изгибающим моментам в симметричной раме более выражен характер затухания колебаний (он имеет порядка 6 волн), в переармированной же он резко затухает (через 3 волны). В процессе затухания расхождения составляют до 4,33 раза, а при полном затухании расхождения получились не значительными. В момент времени $dT=0$ сек в Точке 1 значение поперечной силы было близко к 0, что является действительностью, но при аварийном воздействии запустился процесс перераспределения внутренних усилий на все элементы рамы, поэтому поперечное усилие тоже будет создавать особое НДС конструкции, заметим.

Анализируя изменения во времени поперечных сил (Рис. 4,в) получили разницу в максимальном амплитудном значении в 70%. Так же в симметричной раме наблюдается более выраженный характер затухания колебаний (он имеет порядка 4 волн), в переармированной же он резко затухает (через 2 волны). В процессе затухания расхождений получили не значительную разницу порядка 2%. Так как несущая способность при расчете на поперечную силу переармированной рамы была всего лишь на 7,5% больше, а величина изменения внутренних силовых факторов различалась в пределах 15-25%, получили значительное смещение графиков.

Рассматривая диаграммы перемещений (Рис. 5,а) получили не существенную разницу в максимальном амплитудном значении порядка 2%. В симметричной раме более выражен характер затухания колебаний (он имеет порядка 7 волн), в переармированной же он резко затухает (через 4 волны). В процессе затухания расхождения очень большие превышают значение в 7,5 раза, это связано с тем, что арматура не успевает задержаться в пластическом состоянии, она резко переходит в стадию упрочнения и в дальнейшем разрыва, добавим что разрушении сечения происходит по бетону и конструкция начинает держаться на одной рабочей арматуре, что создает вантовый эффект.

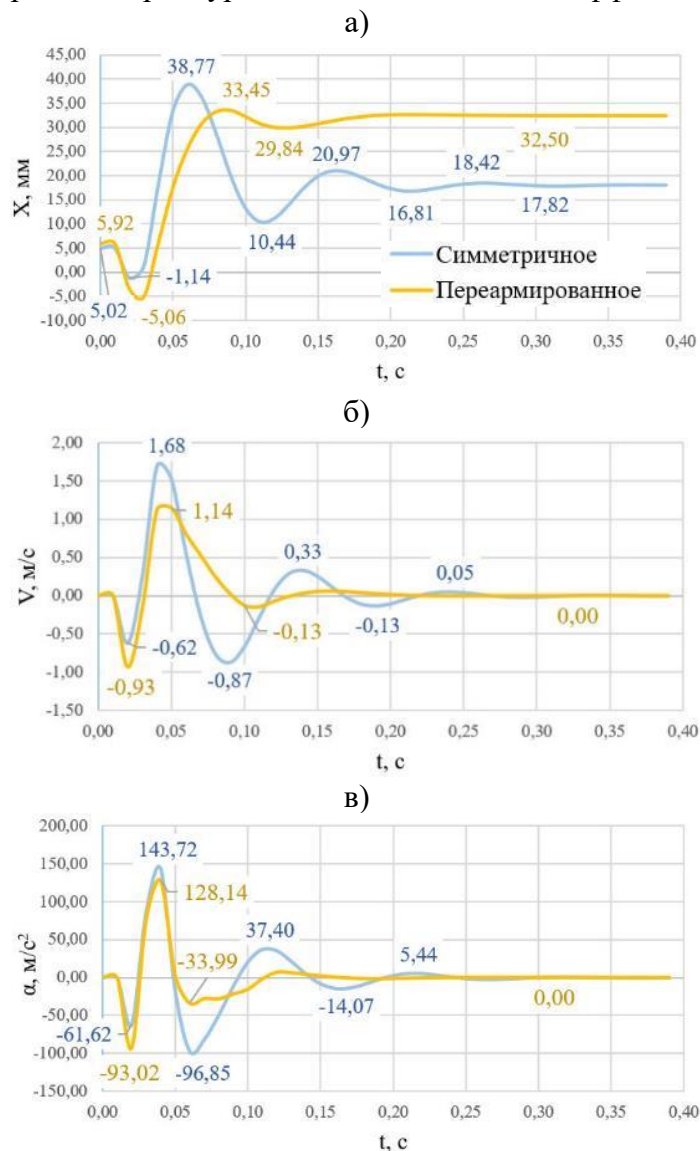


Рис. 5. Изменение во времени при динамическом отказе крайней колонны нижнего яруса (Точка 2): а) Перемещение, б) Скорость, в) Ускорение.

Аналогично перемещениям максимальные амплитуды значения изменения во времени скорости (Рис. 5,б) разнятся не существенно около 2%. Не изменяя традициям, отметим, что в симметричной раме более выражен характер затухания колебаний (он имеет порядка 6 волн), в переармированной же он резко затухает (через 4 волны). В процессе затухания расхождения составляют до 2,1 раза.

Так же ситуация как с перемещением и скоростью происходит и с ускорением (Рис. 5,в) максимальные амплитуды разнятся не существенно около 2%, на самом деле здесь нет ничего удивительного, так как все 3 параметра тесно связаны друг с другом. Конечно, в симметричной раме более выражен характер затухания колебаний (он имеет порядка 6 волн), в переармированной же он резко затухает (через 4 волны). В процессе затухания

расхождения составляют до 48%. В момент времени $dT = 0,06$ не вооруженным глазом видно, как образующая графика начинает сильно увеличивать частоту колебания, скорее всего это явление объясняется тем, что ускорение является производной высшего порядка (2 производной) от перемещения, и на графике начинают проявляться мельчайшие изменения.

ВЫВОДЫ

Выполненный динамический анализ моделирования аварийного воздействия в виде динамического удаления из железобетонной рамы ее угловой колонны, позволил установить, что симметричное армирование (не превышающее значение относительной граничной высоты сжатой зоны бетона) имеет более сдержанный, плавный, высокочастотный колебательный характер и как следствие, разрушение элементов конструкции происходит более предсказуемо, нежели при перearмированном сечении, здесь наблюдается резкое торможение колебательного процесса в связи выхода из работы матрицы бетонного заполнителя.

По результатам численного анализа получено значительное изменение внутренних усилий (до 4,33 раз) в конструктивных элементах железобетонных систем вследствие хрупкого разрушения элементов каркаса. Так же большое расхождение получили при анализе перемещений конструкции из-за более резкого увеличения значения перемещения перearмированной рамы, несмотря на это расхождение в максимальном амплитудном значении перемещения, скорости и ускорения были незначительными и составляли около 2 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Травуш В. И., Колчунов В. И., Леонтьев Е. В.* Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения в рамках законодательных и нормативных требований Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 2. – С. 46-54.
2. *Травуш В. И., Колчунов В. И., Ключева Н. В.* Некоторые направления развития теории живучести конструктивных систем зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 3. – С. 4-11.
3. *Белостоцкий А. М., Павлов А. С.* Численное моделирование процессов деформирования конструкций, подверженных аварийным воздействиям // Строительство и реконструкция. – 2015. – № 2(58). – С. 51-56.
4. *Бондаренко В. М., Ларионов Е. А.* Оценка динамических напряжений и моментов в конструктивных элементах сооружений // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2006. – № 2. – С. 93-98.
5. *Бондаренко В. М., Колчунов В. И.* Расчетные модели силового сопротивления железобетона. – Москва : Издательство АСВ, 2004. – 471 с.
6. *Колчунов В. И., Бушова О. Б., Кореньков П. А.* Деформирование и разрушение железобетонных рам с ригелями, армированными наклонными стержнями, при особых воздействиях // Строительство и реконструкция. – 2022. – № 1(99). – С. 18-28.
7. *Колчунов В. И., Андросова Н. Б.* Анализ динамических нагрузений в арматуре изгибаемых железобетонных элементов при хрупком разрушении бетонной матрицы // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2016. – № 4(44). – С. 11-20.
8. *Колчунов В. И., Ключева Н. В., Андросова Н. Б., Бухтиярова А. С.* Живучесть зданий и сооружений при запроектных воздействиях : монография – Москва : Издательство АСВ, 2014. – 208 с.
9. *Федорова Н. В., Кореньков П. А.* Анализ деформирования и трещинообразования многоэтажных железобетонных рамно-стержневых конструктивных систем зданий в предельных и запредельных состояниях // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – № 11. – С. 8-13.
10. *Ключева Н. В., Федоров В. С.* К анализу живучести внезапно повреждаемых рамных систем // Строительная механика и расчет сооружений. – 2006. – № 3(205). – С. 7-13.
11. *Федорова Н. В., Московцева В. С., Савин С. Ю.* Деформирование и разрушение железобетонных рам со сложнапряженными элементами в запредельных состояниях // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2021 году : Сборник научных трудов РААСН / Российская академия архитектуры и строительных наук. Том 2. – Москва : Издательство АСВ, 2022. – С. 458-468.
12. *Федорова Н. В., Ву Н. Т., Медянкин М. Д.* Анализ нелинейного статико-динамического деформирования

- железобетонных рам в запредельных состояниях // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2021. – № 4(64). – С. 11-24.
13. Федорова Н. В., Ву Н. Т., Яковленко И. А. Критерий прочности плосконапряженного железобетонного элемента при особом воздействии // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15, № 11. – С. 1513-1522.
 14. Трекин Н.Г. Пространственная работа несущих элементов рамной системы с учетом нелинейности и податливости узловых сопряжений: специальность 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, 2003, 421 с.
 15. Мамин А., Расчет железобетонных конструкций многоэтажных зданий с учетом нелинейности и переменной податливости на основе многоуровневой дискретизации несущих систем: специальность 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения»: диссертация на соискание ученой степени Доктор технических наук, 2005, 437 с.
 16. Тамразян А. Г., Мехрализадех А. Динамический анализ многоэтажных зданий с учетом времени локального повреждения несущих конструкций при расчете на прогрессирующее обрушение // Бетон и железобетон - взгляд в будущее : научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону: В семи томах, Москва, 12–16 мая 2014 года. Том 2, 2014. – С. 142-149.
 17. Тамразян А. Г., Алексейцев А. В. Оптимальное проектирование несущих конструкций зданий с учетом относительного риска аварий // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14, № 7. – С. 819-830.
 18. Меликсетян С. Р., Кореньков П. А. Численное моделирование узловых соединений железобетонных конструкций при аварийных воздействиях // Строительство - формирование среды жизнедеятельности : сборник материалов семинара молодых учёных XXVI Международной научной конференции, Ташкент, 26–28 апреля 2023 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2023. – С. 132-138.
 19. Меликсетян С. Р. Моделирование работы узловых соединений перearмированных сечений железобетонных конструкций // Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов филиала НИУ МГСУ в г. Мытищи (г. Мытищи, 27 февраля – 3 марта 2023 г.) – Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2023, С. 65-68.
 20. Меликсетян С. Р. // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: Материалы Международных академических чтений (г. Курск, 18 ноября 2023 года), 2023. С. 111-116.
 21. N.M. Newmark, W.J. Hall. Seismic design criteria for nuclear reactor facilities. - Proc. IAEA Panel on Aseismic Design and Testing of Nuclear Facilities - Japan Earthquake Engineering Promotion Society - Токио. 1969 - p. 90-113
 22. Krauthammer T., Hall R. L., Woodson S. C., Baylol J. T., Hayes J. R. S. Development of progressive collapse analysis procedure and condition assessment for structures//National workshop on prevention of progressive collapse in Roscmont. IL. Multihazard Mitigation Council of the National Institute of Building Sciences. Washington. DC, 2003. 12 p.
 23. Lew H. S., Bao Y., Sadek F., Main J. A., Pujol S., Mete A. An experimental and computational study of reinforced concrete assemblies under a column removal scenario. Sozen -Boulder: Natl. Inst. Stand. Technol. Tech. Note 1720, 2011. 104 p.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА РАЗРУШЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ОСОБОМ ПРЕДЕЛЬНОМ СОСТОЯНИИ

В.В. Герман

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
vladislav.german@mail.ru.*

Аннотация

В связи с участвовавшими аварийными ситуациями. Восприятию аварийных воздействий способствует развитие в конструкции пластических деформаций и реализация пластического характера разрушения в железобетонных конструкциях. Другими исследователями экспериментально установлено, что одним из способов, позволяющего этого добиться является введение дополнительного косвенного армирования в изгибающие элементы. В статье рассмотрены три варианта сечения (100x100, 150x150, 200x200 мм) с введением в них сеток с различным шагом и диаметром косвенного армирования. В ходе исследования установлено, что удается повысить несущую способность сечения на 30% за счет увеличения плеча внутренней пары сил. Помимо этого, установлена возможность повышения границы пластического характера разрушения на 34%. Данные диаграммы также полезны для анализа поведения бетонных элементов, оценки их устойчивости и разработке оптимальных проектных решений.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время прогрессирующее обрушение становится более актуальной проблемой в связи с изменяющимися климатическими условиями, увеличением нагрузок на инфраструктуру и старением строительных объектов [1-4]. Часто прогрессирующее обрушение продвигается по конструкции, предварительно начавшись с места хрупкого разрушения. Такой характер разрушения чаще всего обеспечивается вследствие концентрации напряжений, недостаточного армирования, низкой прочности на растяжение бетона или проектирования без учета воздействий окружающей среды на конструкцию (например воздействие химических сред, пожаров) [5-8]. С целью предотвращения указанных явлений, строительные специалисты ориентируются на проектирование конструкций с уникальными механическими свойствами, способствующими пластичному разрушению. На данный момент самыми распространенными методами обеспечения пластического характера обрушения являются: повышение класса бетона, усиление конструкции путем ввода в нее дополнительного армирования и ее преднапряжения, введение в структуру бетона стальных волокон (фибры), корректное распределение нагрузок, повышение процента косвенного армирования в сечении. Последний метод выделяется среди остальных, предоставляя ряд преимуществ. В отличие от повышения класса бетона, косвенное армирование обеспечивает усиление без изменения материала, что экономически эффективно. С вводом в конструкцию дополнительного армирования появляются зоны с повышенной концентрацией напряжений, а следовательно риск хрупкого обрушения конструкции резко возрастает [9-11]. В сравнении с установкой дополнительного армирования, косвенное армирование предоставляет более гибкую конфигурацию, что способствует оптимизации структуры и распределению напряжений [12-14]. В сравнении со сталефибробетоном, косвенное армирование обладает универсальностью и легко внедряется в различные инженерные конструкции, при этом не меняя основные характеристики материала [15]. Более того, косвенное армирование обеспечивает равномерное укрепление сечения конструкции, что способствует лучшему распределению нагрузок и, таким образом, позволяет получить пластический характер разрушения [12-13]. Путем локализации хрупкого разрушения возможно снизить его

отрицательные последствия. Каркас здания разделяется на отдельные секторы, выход разрушения за рамки которого исключен: устраиваются связевые этажи или укрупненные ригели междуэтажных перекрытий - для вертикального направления, здание разбивается деформационными швами в горизонтальном направлении. Но такое решение значительно увеличивает материалоемкость конструктивного решения [3].

В итоге, преимущества делают косвенное армирование привлекательным и эффективным выбором для улучшения живучести конструкций, обеспечивая пластический характер разрушения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При обеспечении пластического характера разрушения использовался рамный железобетонный каркас с разными сечениями ригелей. Каркас изготовлен из бетона класса В25. Ригели железобетонной конструкции представлены сечениями 100x100, 150x150 и 200x200 мм. Горизонтальные несущие элементы каркаса армированы симметрично продольной арматурой диаметром 8 мм класса А240 и продольной арматурой 2 мм класса А300. (Рис. 1)

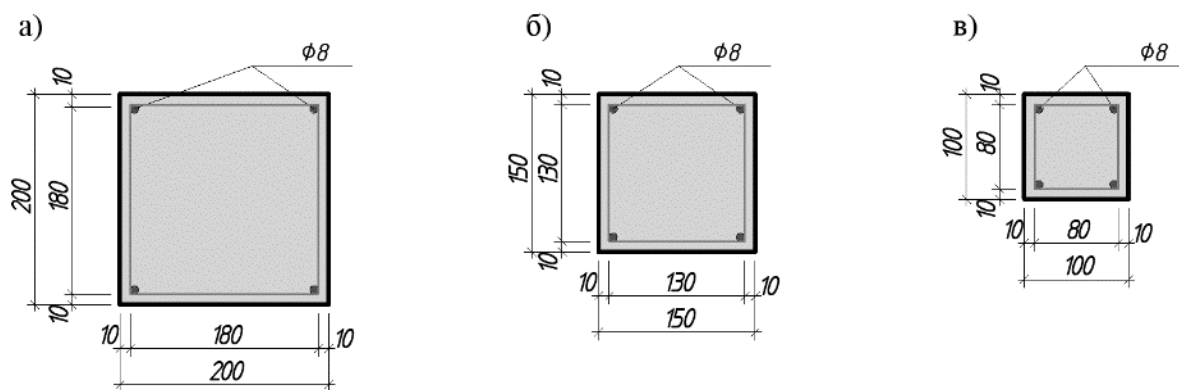


Рис. 1. а) Сечение 200x200мм; б) Сечение 150x150мм; в) Сечение 100x100мм.

В научной работе исследовалось 3 вида сечений, армированных сетками с размерами одной ячейки равной 15x15, 25x25, 50x50 мм, из арматурного прута диаметром 1,25; 1 и 1,6 мм соответственно. Шаг сеток косвенного армирования равен 20 см. (Рис. 2)

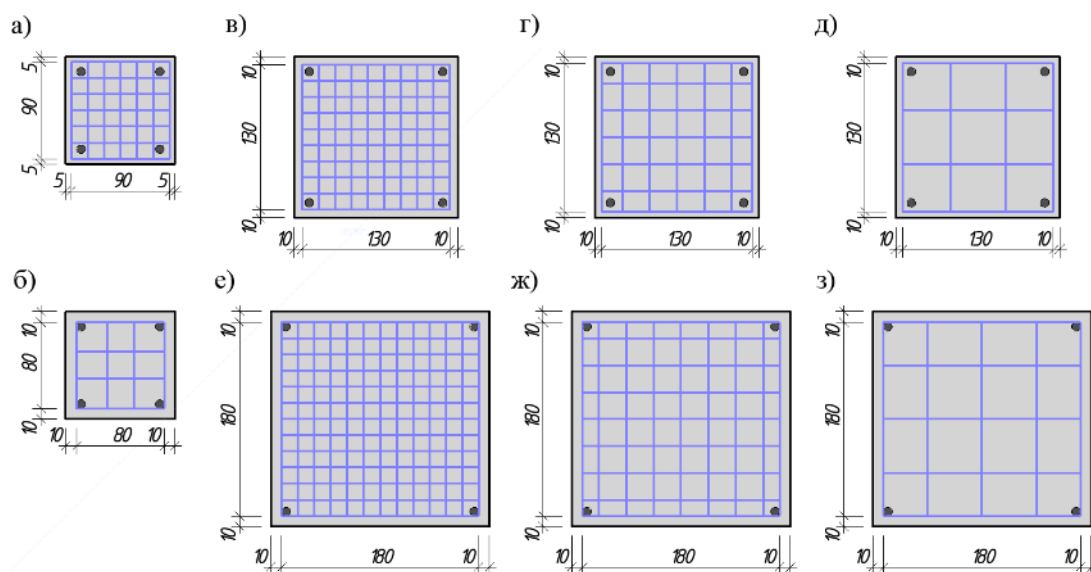


Рис. 2. Габариты сеток ригелей каркаса: а), б) 10x10 мм; в), г), д) 25x25мм; е), ж), з) 50x50мм;

С учетом нелинейного закона деформирования были приняты прочностные и деформационные характеристики бетона и арматуры. При этом использовались графики кусочно-линейного закона деформирования для арматуры (Рис. 3).

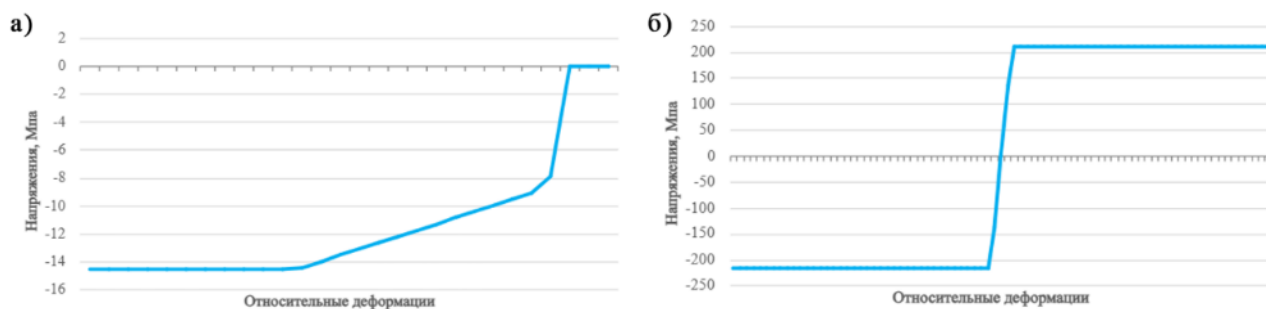


Рис. 3. а) График экспоненциального закона деформирования бетона; б) График кусочно-линейного закона деформирования арматуры

Такой подход к использованию нелинейных законов деформирования и учета прочностных и деформационных характеристик бетона и арматуры позволяет достичь более высокой точности в численном моделировании. Это особенно важно при анализе конструкций, подверженных сложным воздействиям и переменным нагрузкам.

При наличии косвенной арматуры в зоне местного сжатия учитывают дополнительное повышение сопротивления сжатию бетона под грузовой площадью за счет сопротивления косвенной арматуры (рис. 4) [12].

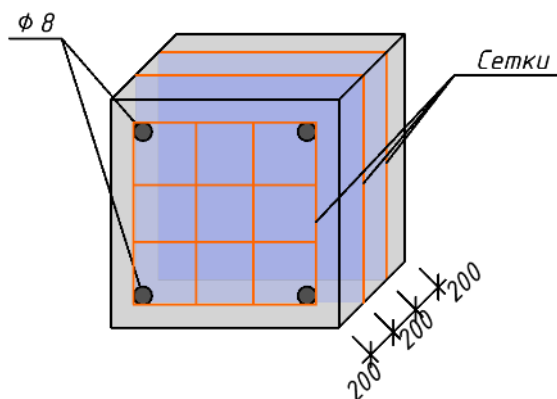


Рис. 4 Схема расчетного элемента с косвенной арматурой

Расчет элементов на местное сжатие при наличии косвенной арматуры производят согласно (1).

$$R_{b,red} = R_b + \varphi \cdot R_{s,xy} \cdot \mu_{xy} , \quad (1)$$

$R_{s,xy}$ - расчетное сопротивление арматуры сеток косвенного армирования;

Здесь φ – коэффициент, определяемый по формуле 2:

$$\varphi_{s,xy} = \frac{1}{0.23 + \alpha_{red}} ; \quad (2)$$

$$\alpha_{red} = \frac{\mu_{s,xy} \cdot R_{s,xy}}{R_b + 10} ; \quad (3)$$

R_b – расчетное сопротивление арматуры;

$\mu_{s,xy}$ – коэффициент косвенного армирования (4).

$$\mu_{xy} = \frac{n_x \cdot A_{sx} \cdot l_x + n_y \cdot A_{sy} \cdot l_y}{A_{ef} \cdot s} ; \quad (4)$$

$n_x \cdot A_{sx} \cdot l_x$ – число стержней, площадь сечения и длина стержня сетки, считая в осях крайних стержней, в направлении X;

$n_y \cdot A_{sy} \cdot l_y$ – то же, в направлении Y;

s – шаг сеток косвенного армирования.

В связи с повышением процента косвенного армирования в сечении, изменяются предельные относительные деформации бетона при равномерном осевом сжатии ε_{b2} . Эта величина используется при определении относительной высоты сжатой зоны бетона ξ_R . Она, в свою очередь, определяется по формуле 5:

$$\xi_R = \frac{0,8}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{b2}}} \quad (5)$$

Где ξ_R – граничная относительная высота сжатой зоны бетона,

ε_{b2} – предельные относительные деформации бетона,

$\varepsilon_{s,el}$ – относительные деформации растянутой арматуры, которые описываются следующим выражением:

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s}{E_s} \quad (6)$$

Где R_s – расчетное сопротивление арматуры растяжению,

E_s – модуль упругости арматуры.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИССЛЕДОВАНИЯ

Смоделировав поведение бетонного сечения с повышенным процентом косвенной арматуры, построим диаграммы напряжений–деформаций для каждого вида сечения. Данные диаграммы отражают характер изменения внутренних усилий в бетоне в зависимости от уровня его армирования и возникающей деформации. Диаграммы состояния бетона для элемента сечением 100x100 с учетом армирования разными сетками показаны ниже.

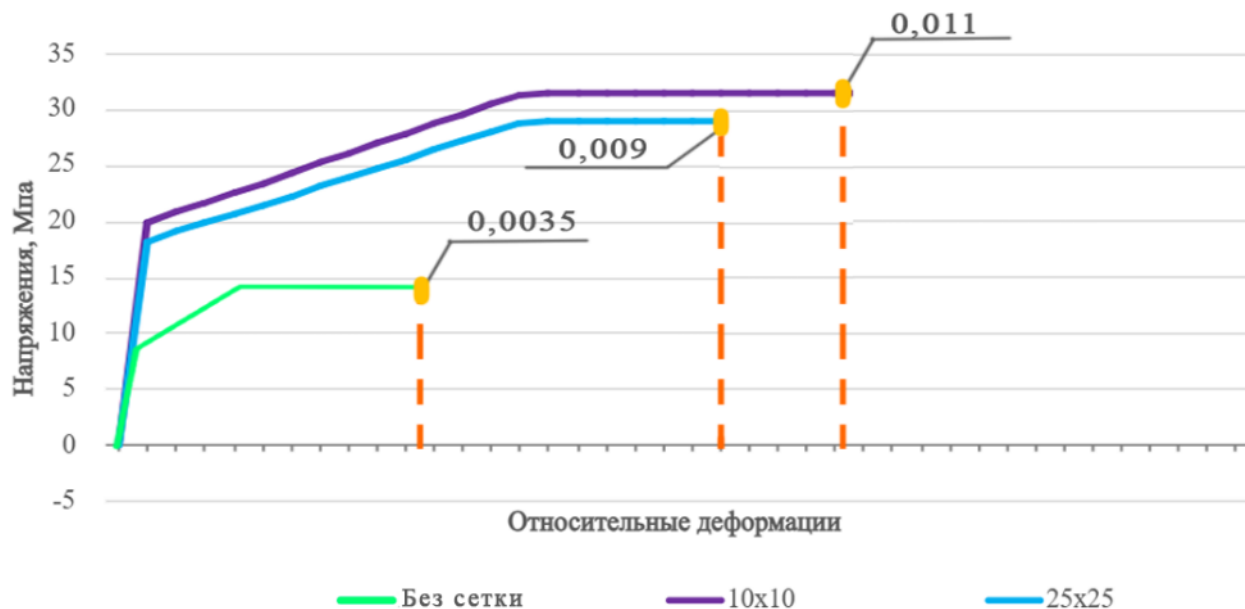


Рис. 5 Диаграммы поведения бетона (Сечение 100x100 мм)

Анализируя графики сечения 100x100 мм, армированного сетками с ячейками 10x10 и 25x25 можно установить, что при увеличении ячейки предельное число внутренних усилий, которое способна выдержать конструкция, уменьшается на 15%. При уменьшении клеток сетки критические точки на диаграмме смещаются, что говорит о том, что материал становится более пластичным и менее хрупким. Если сравнивать графики сечений

армированного сетками и без них, можно заметить, что благодаря косвенному армированию удастся пролонгировать зону обрушения как минимум в 2 раза.

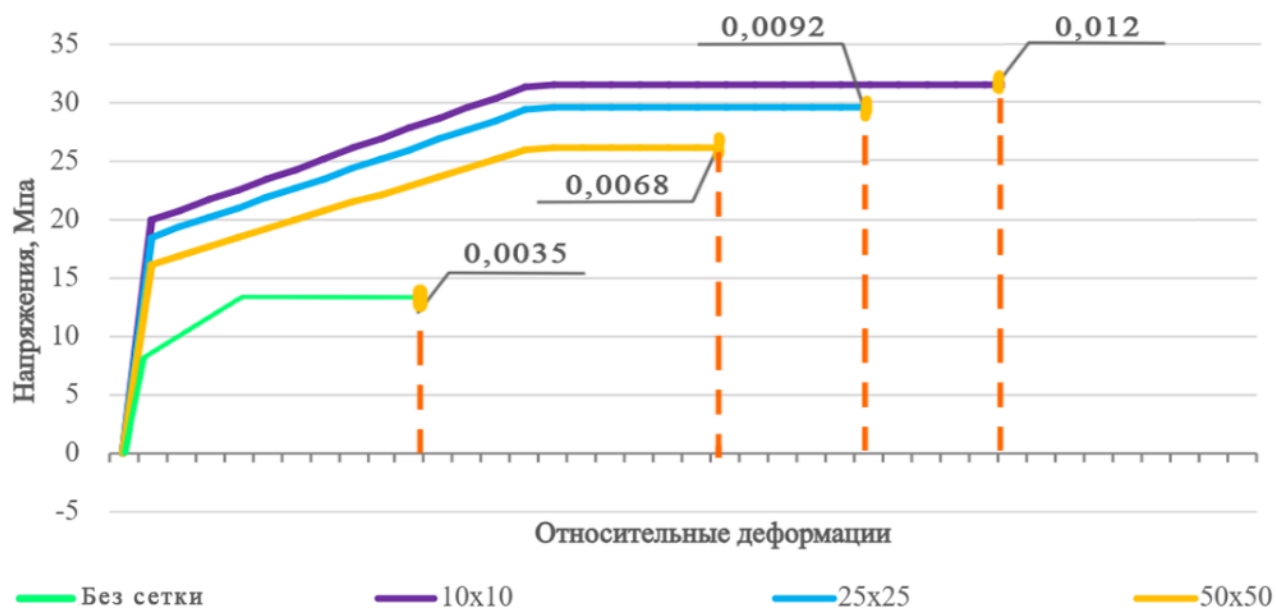


Рис. 6 Диаграммы поведения бетона (Сечение 150x150 мм)

При анализе диаграмм для сечения 150x150 мм, армированного сетками трех видов можно заметить, что с уменьшением ячейки косвенного армирования диаграмма становится более полой. Смотря на графики 10x10 и 25x25, можно заметить, что относительные деформации возрастают на 34%. А если сравнить диаграммы 10x10 и 50x50, то относительные деформации возрастают уже в два раза.

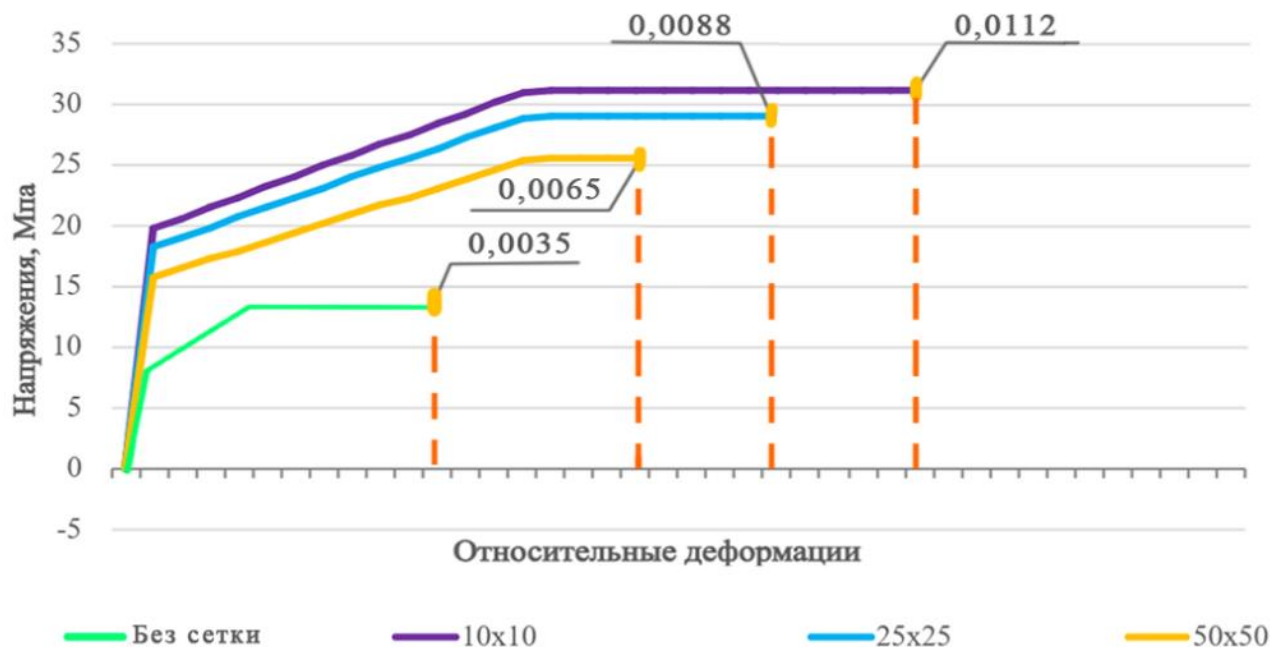


Рис. 7 Диаграммы поведения бетона (Сечение 200x200 мм)

Посмотрев на диаграммы поведения бетона для сечения 200x200 мм, нельзя не заметить, что с увеличением ячейки сетки и сечения угол отклонения графика становится больше. Это хорошо видно на двухлинейной диаграмме б). Если сравнить графики с сетками размером 50x50 и 25x25, то можно увидеть, что напряжения увеличились на 12%.

При сравнении же графиков с сеткой 10x10 наблюдается увеличение напряжений уже на 22%.

Если, в общем, взглянуть на диаграммы, то можно понять, что они подобны. Однако, на каждом графике есть свои особенности. Для удобства сравнения всех графиков между собой построим общий график напряжений-относительных деформаций для всех типов сечений и армирования.

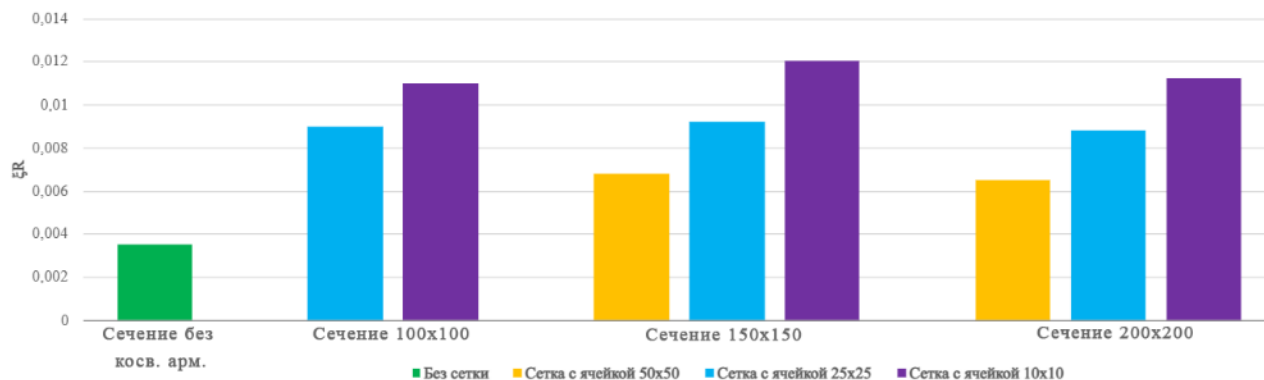


Рис. 8 График относительной высоты сжатой зоны бетона для всех видов сечений

После того, как общая диаграмма построена, видно, что наиболее выгодное соотношение косвенного армирования и бетона у сечения 150x150 (граничная относительная высота сжатой зоны бетона выше на 10% чем в других сечениях). Самое неблагоприятное положение у графика с сечением 200x200 армированного сетками 50x50 и 25x25. Относительная высота которых составляет 0,0065 и 0,0088 соответственно. Все эти диаграммы свидетельствуют о том, что с увеличением косвенного армирования повышается стойкость конструкции к прогрессирующему обрушению.

Проанализировав все графики можно заметить, что предельные относительные деформации бетона сечения с сетками косвенного армирования значительно больше (почти в 3 раза), чем у сечения без сеток. Тогда, подставив в формулу усредненное значение $\varepsilon_{b2} \sim 0,009$, для сечения 100x100 мм получим:

Табл. 1 Относительная высота сечения 100x100

	Без косвенного армирования	С косвенным армированием
ξ_R	0,47	0,71

Как видно из таблицы 1, с вводом в конструкцию дополнительных армирующих сеток относительная высота сжатой зоны увеличивается на 34%. Полученные данные подчеркивают важность внедрения дополнительных элементов косвенного армирования в структуру с целью увеличения ее сопротивляемости к аварийным воздействиям.

ВЫВОДЫ

Произведенный анализ сечений 100x100, 150x150, 200x200 конструкции с разными сетками косвенного армирования позволил установить, что данное конструктивное решение способно продлить область обрушения, тем самым обеспечивая пластический характер разрушения конструкции. Установлено что путем ввода в конструкцию дополнительных армирующих сеток возможно повысить живучесть конструкции в 3 раза. При этом, с вводом косвенного армирования максимальные внутренние усилия, которые может воспринять конструкция возрастают на 20%, а относительные деформации увеличиваются на 34%. Данный метод дополнительного косвенного армирования требует дальнейших исследований и практического применения в инженерной сфере.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Емельянов С.Г., Клюева Н.В., Кореньков П.А.* Методика определения параметров живучести железобетонных каркасов многоэтажных зданий // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2016. №3 (363). С. 252-258.
2. *Федорова Н.В., Кореньков П.А., Ву Н.Т.* Методика экспериментальных исследований деформирования монолитных железобетонных каркасов зданий при аварийных воздействиях // Строительство и реконструкция. 2018. №4 (78). С. 42-52.
3. *Травуш В.И., Шапиро Г.И., Колчунов В.И., Леонтьев Е.В., Федорова Н.В.* Проектирование защиты крупнопанельных зданий от прогрессирующего обрушения // Жилищное строительство. 2019. №3. С. 40-46.
4. *Колчунов В.И., Московцева В.С.* Живучесть железобетонных каркасов многоэтажных зданий со сложнапряженными элементами // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2022. 18(3). С. 195-203.
5. *Тамразян А.Г., Звонов Ю.Н.* К оценке резервов несущей способности железобетонных плит в условиях пожара // Пожаровзрывобезопасность. 2020. №2. С. 26-33.
6. *Тамразян А.Г.* Технология расчета железобетонных конструкций при пожаре после землетрясения // Бетон и железобетон. 2020. №1 (601). С. 49-56.
7. *Авестисян Л.А., Тамразян А.Г.* Влияние динамического эффекта на несущую способность железобетонных колонн, работающих в условиях огневых воздействий // Вестник МГСУ. 2013. №10. С. 14 -23.
8. *Тарасенко А.В., Тамразян А.Г.* Прочность и деформативность железобетонных конструкций, поврежденных пожаром // Новое слово в науке: перспективы развития. 2016. №1-2 (7). С. 74-77.
9. *Тамразян А.Г., Манаенков И.К.* К расчету изгибаемых железобетонных элементов с косвенным армированием сжатой зоны // Промышленное и гражданское строительство. 2016. №7. С. 41-44.
10. *Гринев В.Д., Белевич С.Д.* Работа железобетонных балок с усиленной сжатой зоной // Промышленное и гражданское строительство. 1993. №10. С. 12.
11. *Колчунов В.И., Московцева В.С., Бушова О.Б., Жуков Д.И.* Расчетный анализ способов защиты монолитных каркасов многоэтажных зданий с плоскими перекрытиями от прогрессирующего обрушения // Строительство и реконструкция. 2021. №4 (96). С. 35-44.
12. *Колчунов В.И., Кореньков П.А., Гуок Ф.Д.* Особое предельное состояние в железобетонных каркасах с узлами, усиленными косвенным армированием при аварийных воздействиях // Вестник МГСУ. 2021. №11. С. 1462 – 1472.
13. *Гуок Фан Динь, Ильющенко Т.А., Амелина М.А.* Силовое сопротивление железобетонных каркасов многоэтажных зданий с косвенным армированием в запредельных состояниях // Строительство и реконструкция 2022. № 3 (101). С. 87 – 97.
14. *Недорезов А.В.* Напряженно-деформированное состояние железобетонных элементов с косвенным армированием // Современное промышленное и гражданское строительство. 2021. том 17. №1, 5-18. С. 5-18.
15. *Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Ярмаковский В.Н., Ерофеев В.Т.* О современных методах обеспечения долговечности железобетонных конструкций // Архитектура и строительство. 2015. №1. С. 93-102.

К ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ КОРРОЗИОННО-ПОВРЕЖДЕННЫХ СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕПЕЙ МАРКОВА НА ПРИМЕРЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФЕРМ

Т.А. Мацевич¹, С.А. Данков²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹matseevichta@mgsu.ru,

²dankovsa@mgsu.ru.

Аннотация

Цель данного исследования - определить надежность стальной фермы и смоделировать ее математически при различных возможных разрушениях стержневых элементов из-за коррозии. Чтобы количественно оценить надежность, решетчатую конструкцию рассматривают как систему из небольших подсистем, каждая из которых состоит из небольшой группы стержневых компонентов. Был проведен численный расчет стропильной конструкции с учетом коррозии. Было обнаружено, что компоненты могут менять свои состояния по разным сценариям. Переход от одного состояния к другому зависит от напряженно-деформированного состояния системы, вызванного, в том числе коррозионным воздействием.

ВВЕДЕНИЕ

При обеспечении долговечной и надежной работы ферменных конструкций, с увеличением срока эксплуатации, увеличивается и вероятность возникновения коррозионных повреждений, что существенно влияет на несущую способность и надежность фермы. Таким образом, разработка нового способа количественной оценки, изменяющейся во времени надежности фермы, на основе матричного анализа и теории цепей Маркова, а также создание карты вероятностей, показывающей эволюцию ферменной конструкции и предоставляющей информацию для принятия решений, в частности, надобности проведения технического обслуживания, помогут спрогнозировать аварийные ситуации и заблаговременно их предупредить, что существенно снизит затраты на ремонт и благоприятно повлияет на всю отрасль строительства [1].

Таким образом несмотря на достоверность нескольких моделей, предложенных в действующих строительных нормах, детерминированные подходы не позволяют точно предсказать сценарий поведения конструкции, подвергшейся коррозионному износу, из-за присущей ей зависимости от широкого спектра факторов, от степени окисления среды, до неоднородности защитного слоя. В связи с этим долговечность правильнее получить, используя вероятностные подходы, стохастический анализ, основанный на теории цепей Маркова [2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Коррозия может быть одним из наиболее значительных последствий износа ферменных конструкций. Коррозия всегда продолжается длительный период времени и происходит хаотично. Стержневой компонент, подверженный коррозии, в конечном итоге имеет уменьшенную площадь поперечного сечения.

Albrecht и Naemi [3] провели исследование скорости коррозии некоторых стальных элементов и смоделировали эффект коррозии

$$C_{(t)} = At^B. \quad (1)$$

В приведенном уравнении $C_{(t)}$ — это среднее проникновение коррозии, A и B — два фактора, определяемые условиями окружающей среды.

В 2010 году Frangopol и Kim разработали метод численного моделирования коррозии [4]. В их статье время начала коррозии моделируется как

$$T_{corr} = \frac{x^2}{4D \left(\operatorname{erfc}^{-1} \left(\frac{C_{th}}{C_0} \right) \right)^2}, \quad (2)$$

Следовательно, площадь поперечного сечения в момент времени t (года) равна

$$A_s(t) = \begin{cases} \frac{\pi d_{st0}^2}{4} \\ \frac{\pi [d_{st0} - r_{corr}(t - T_{corr})]^2}{4} \end{cases}, \quad (3)$$

где d_{st0} — начальный диаметр, r_{corr} — скорость коррозии.

Результаты моделирования уравнения (3), основанные на предположениях, указанных в таблице 1, показаны на рисунке 2. В этой работе предполагается, что для каждого стержневого компонента коррозия начинается в одно и то же время, а скорость коррозии одинакова для всех стержней.

Линия на рисунке 2, есть среднее значение оставшейся площади поперечного сечения в конце каждого периода времени, а вертикальные кривые представляют распределение вероятностей количества оставшейся площади поперечного сечения. Площадь поперечного сечения уменьшается, а его дисперсия увеличивается.

Коэффициент уменьшения площади поперечного сечения определяется как

$$pA = A_{corr}/A_{initial} \quad (4)$$

где A_{corr} — площадь коррозии, $A_{initial}$ — начальная площадь.

Коррозию ферменной конструкции можно разделить на шесть стадий. Они определены в таблице 1.

Табл. 1 Классификации стадий коррозии

Стадии коррозии	Состояние	Коэффициент коррозии
стадия 1	Некоррозионная	0
стадия 2	Незначительная коррозия	(0, 1%]
стадия 3	Умеренная коррозия	(1%, 3%]
стадия 4	Сильная коррозия	(3%, 8%]
стадия 5	Усиленная коррозия	(8%, 15%]
стадия 6	Потеря несущей способности	>15%

Вероятность того, что система перемещается от коррозии i стадии к коррозии j в течение периода времени T_k определяется как

$$p_{corr(i,j)} = \text{вероятность перехода из состояния } i \text{ в состояние } j \quad (5)$$

Эта вероятность может быть количественно определена методом, указанным в [4]. Например, система находится на стадии 1, а затем можно смоделировать гистограмму оставшейся площади после периода времени T_k , как показано на рисунке 2.

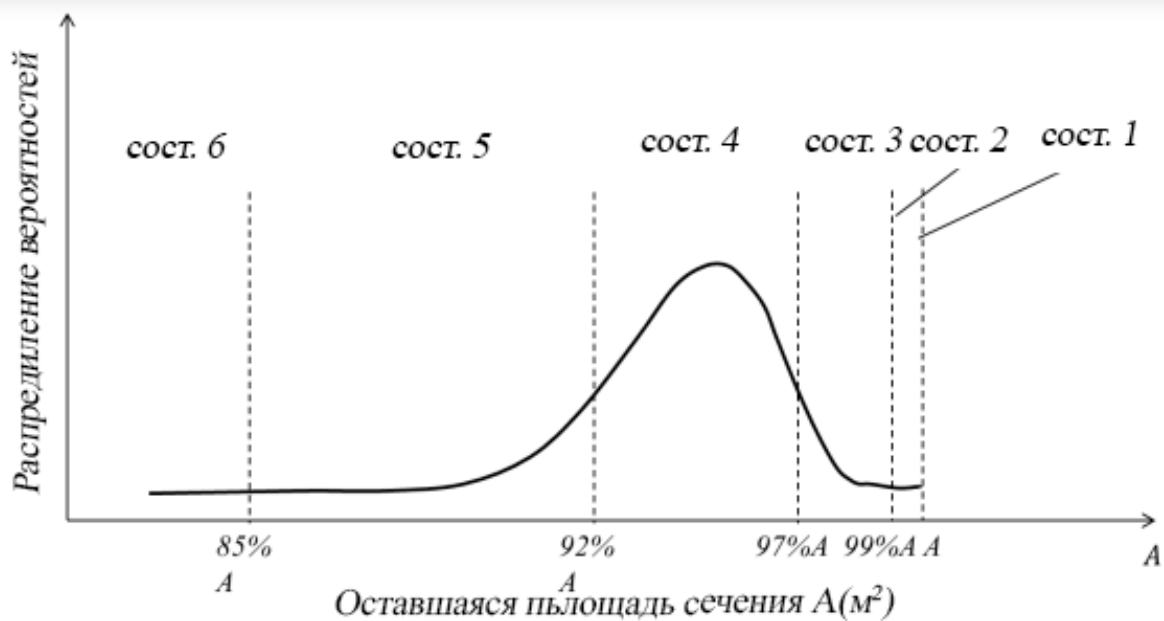


Рис. 1- Гистограмма оставшейся площади после периода времени T_k

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оставшаяся площадь поперечного сечения элементов фермы в условиях коррозии показана на рисунке 3.

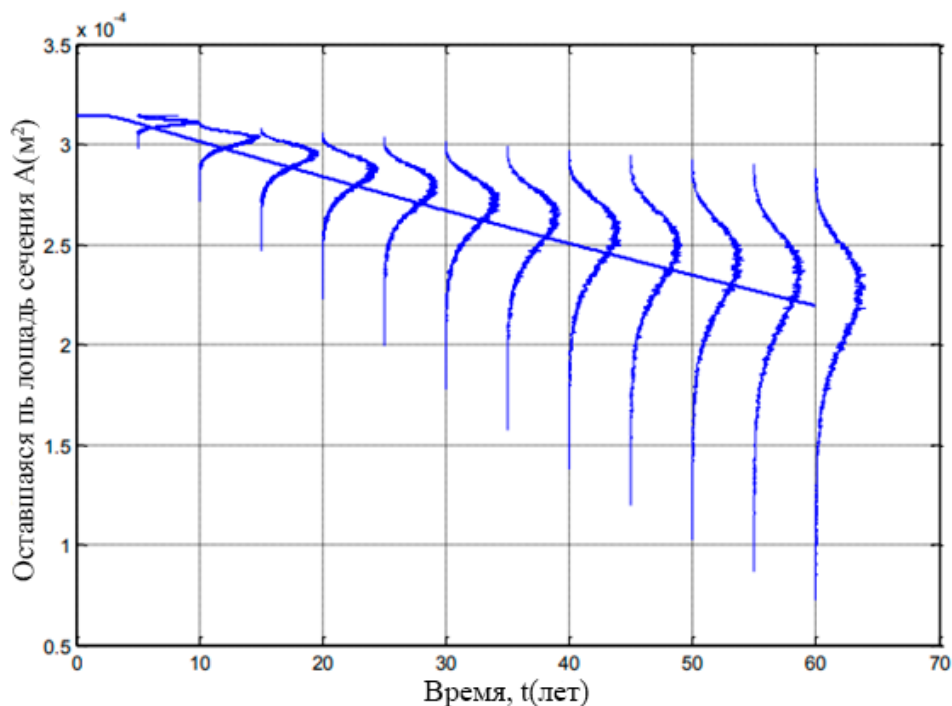


Рис. 2- Остаточная площадь поперечного сечения

Связанные с этим вероятности перехода от одной стадии коррозии к другой стадии могут быть смоделированы. Важно отметить, что вероятность перехода от стадии 1 коррозии к любой другой стадии изменяется со временем, так как коррозионные стадии имеют различные вероятности начала [5-8]. Как правило, время коррозии для $p_{corr(i,j)}(nT_k)$

$$T_{corr} = (n - 1)T_k \quad (6)$$

Вероятности перехода от одной стадии коррозии к другой можно записать в виде матрицы

$$P_{corr}(nT_k) = \begin{bmatrix} p_{corr(1,1)}(nT_k) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ p_{corr(1,2)}(nT_k) & p_{corr(2,2)} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ p_{corr(1,3)}(nT_k) & p_{corr(2,3)} & p_{corr(3,3)} & 0 & 0 & 0 \\ p_{corr(1,4)}(nT_k) & p_{corr(2,4)} & p_{corr(3,4)} & p_{corr(4,4)} & 0 & 0 \\ p_{corr(1,5)}(nT_k) & p_{corr(2,5)} & p_{corr(3,5)} & p_{corr(4,5)} & p_{corr(5,5)} & 0 \\ p_{corr(1,6)}(nT_k) & p_{corr(2,6)} & p_{corr(3,6)} & p_{corr(4,6)} & p_{corr(5,6)} & p_{corr(6,6)} \end{bmatrix} \quad (7)$$

$P_{corr}(nT_k)$ можно смоделировать описанным выше методом. Здесь мы предполагаем, что период времени равен одному месяцу ($T_k = 1$ месяц) и $n = 0, 1, 2, 3, \dots, 720$ (60 лет).

На рисунке 4 показаны вероятности перехода от стадии коррозии 1 ко всем остальным стадиям. Также важно заметить, что

$$\sum_{\forall \beta} p_{corr(\alpha, \beta)} = 1 \quad (8)$$

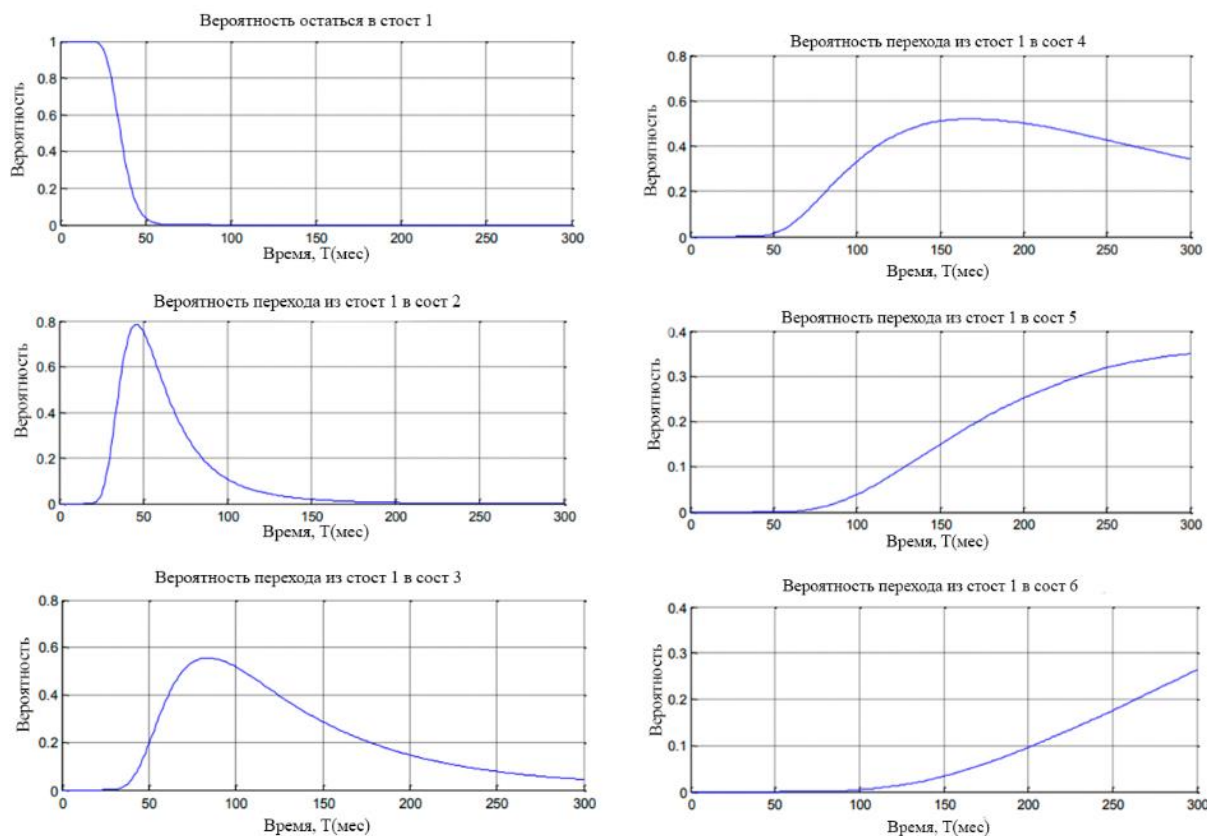


Рис. 3 - Вероятности перехода со стадии 1 на другие стадии

ВЫВОДЫ

Полученные результаты дают аппарат для расчета конструкций. Предоставлены данные для математического моделирования коррозионного процесса.

Результаты численного моделирования коррозии металлических элементов фермы выявили напряженное состояние, позволяющее прогнозировать возникновение различных аварийных ситуаций при известной скорости уменьшения поперечного сечения элементов фермы [9-11].

В момент времени nT_k конструктивная система фермы может находиться в любом состоянии системы. Некоторые из состояний системы являются функциональными состояниями, а другие — неисправными состояниями. При использовании предлагаемого подхода могут быть учтены как коррозия, так и техническое обслуживание. Каждый путь в этой карте вероятностей имеет соответствующую длину. В наиболее вероятном системном пути некоторые шаги могут представлять собой события отказа, а некоторые шаги могут описывать события коррозии или события технического обслуживания. Такая карта вероятностей не только показывает характеристики ферменной конструкции в определенный момент времени, но и показывает историю изменений ферменной конструкции в течение ее срока службы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Vanmarcke, E. H.*, Matrix formulation of reliability analysis and reliability-based design // *Computers & Structures*, Vol. 3, Issue 4, July 1973, Pages 757-770
2. *Давыдов А. Н.*; Цепь маркова как математическая модель строительной конструкции, работающей под нагрузкой // *Градостроительство и архитектура*. – 2017. – Т. 7. – №. 1. – С. 4-8.
3. *Albrecht, P., and Nacemi. A. H.*; Performance of weathering steel in bridges. // National cooperative highway research program. Rep. 272, Transportation Research Board, Washington. D.C.
4. *Frangopol, D. M. and Kim. S.*; Inspection and monitoring planning for RC structures based on minimization of expected damage detection delay // *Probabilistic Engineering Mechanics*, Vol. 26, Issue 2, April 2011, Pages 308-320
5. *Ang, A. H., Tang, W. H.*; *Probability Concepts in Engineering: Emphasis on Applications to Civil and Environmental Engineering*. 2nd Edition // March 3, 2006, Wiley, New York
6. *Дормидонтова Т.В., Солкарян Н.Г.*; Оптимизация надёжности строительных конструкций // Пути улучшения качества автомобильных дорог: сборник статей / под ред. М.И. Балзанникова, К.С. Галицкова, Т.В. Дормидонтовой; СГАСУ. Самара, 2015. С. 87–92.
7. *Тамразян А.Г., Мацеевич Т.А.*; Надежная оптимизация структуры с учетом неопределенности при проектировании // В сборнике: Актуальные проблемы строительной отрасли и образования - 2022. Сборник докладов Третьей Национальной научной конференции. Москва, 2023. С. 50-54.
8. Тамразян А.Г., Мацеевич Т.А. Анализ надёжности железобетонной плиты с корродированной арматурой. *Строительство и реконструкция*. 2022. № 1 (99). С. 89-98.
9. *Switzky, H.*; Minimum weight design with structural reliability // *Journal of Aircraft*, Vol. 2, No.3 1965, pp. 228-232.
10. *Oliver, K.*; *Probability Theory and Stochastic Processes with Applications* // 2009, Overseas Press, New Delhi, India
11. *Leemis, L. M.*; *Reliability: Probabilistic Models and Statistical Methods* // January 1, 2009, US

Секция 6. Организационно-методические и общетехнические вопросы в строительстве

ПРОБЛЕМАТИКА ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ В ФОРМЕ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ В УСЛОВИЯХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ

А.С. Карпушкин

Крымский филиал федерального автономного учреждения «РосКапСтрой», 295034, Россия, Республика Крым, г.Симферополь, ул. Московская, д.12/ул. Репина, д.101, karpoooshkin@yandex.ru

Аннотация

Введение: С момента начала курса на техническое регулирование прошло 20 лет. Вместе с тем вновь анонсированы изменения с переходом на параметрическое нормирование, который займет еще около 10-ти лет. Статьей проанализированы законодательные основы, практика и проблематика обязательной оценки соответствия в форме строительного контроля в условиях перехода на параметрическое нормирование. Предложены инструменты и методы фиксации требований добровольных стандартов на стадии строительства.

Материалы и методы: методом сравнения произведен анализ работы систем предписывающего и параметрического нормирования на стадии строительства в отечественной и зарубежной практике.

Результаты: Проведенный анализ показал наличие серьезных проблем, связанных не только с дублированием в данных в разных стандартах и противоречие стандартов друг-другу, но и с невозможностью развития стандартов с альтернативным решением задач, поставленных требованиями законодательства и техническими регламентами.

Выводы: С целью проведения оценки соответствия в форме строительного контроля предлагается внедрить техническую спецификацию с данными в машиночитаемом формате для разработки последующей документации и ускорения процедур. Также с целью развития стандартов добровольного применения и стандартов организаций по строительному контролю и ведению исполнительной документации предлагается сократить излишние требования к порядку их проведения и указания конкретных форм в нормативных правовых актах.

Ключевые слова: параметрическое нормирование, проектирование, техническая спецификация, строительный контроль, исполнительная документация, стандарт, добровольность

ВВЕДЕНИЕ

Регулятор анонсировал разработку основополагающего свода правил по параметрическому нормированию к 2024 году и обозначил сроки перехода на данный метод нормирования к 2030 году с пересмотром всех основных стандартов обязательного и добровольного применения и переводом их в машиночитаемый и машинопонимаемый формат.

При этом опрос строительного сообщества выявил равнодушие и неприятие идеи перехода на новый метод нормирования. Одной из причин такого отношения заключается не только в инертности и консервативности отрасли и, как следствие, в нежелании участников строительства привносить в свою деятельность что-то новое, но также и в отсутствии внятных разъяснений регулятора касательно работы по новым принципам.

Также ситуацию усугубляет непрекращающийся кризис в строительной сфере на фоне отсутствия ощутимых результатов многих новаций, проведенных за последние 20 лет. Строители просто устали от постоянных изменений.

Вместе с тем, объяснение принципов работы параметрического метода нормирования всегда производится на примере процессов проектирования и оценки соответствия в форме государственной экспертизы, а использование стандартов добровольного применения на стадии строительства обходят стороной, что порождает множество вопросов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Вопросы нормирования и технического регулирования рассматривались такими учеными как Серых А.Р.[1], Пустовгар А.П. [2], Каган П.Б., Бабушкин Е.С. [3], Николенко К.С., Абсиметов В.Э. [4], Щербина В., Любимов М. [5], Басов А.В. [6], Блинов В.П. [7], Викторов М.Ю., Барина Л.С., Пугачев С.В. [8, 9], Кутузов В. [10], Травуш В.И., Кузеванов Д.В., Волков Ю.С. [11] и др. Авторами достаточно подробно раскрыты плюсы параметрического нормирования, изучен зарубежный опыт перехода с предписывающего нормирования на параметрический, а также намечены пути развития технического регулирования и нормирования в строительной отрасли Российской Федерации.

Однако необходимо отметить, что научным сообществом не уделено достаточно внимания проблемам применения стандартов добровольного применения на стадии строительства, что вызывает множество споров между заказчиком и подрядчиком.

Целью статьи является исследование проблем оценки соответствия в форме строительного контроля в условиях параметрического нормирования. Для реализации данной цели поставлены следующие задачи:

- изучение законодательства, стандартов, а также существующей практики реализации системы нормирования;
- выявление проблем, связанных с применением стандартов добровольного применения, а также их возможных причин;
- изучение зарубежных подходов в вопросах нормирования и применения стандартов на стадии строительства;
- анализ полученных результатов;
- формулирование выводов и рекомендаций по совершенствованию системы технического регулирования и стандартизации.

Для проведения анализа работы систем предписывающего и параметрического нормирования на стадии строительства в отечественной и зарубежной практике выбран сравнительный метод.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Термины и структура параметрического и предписывающего нормирования. Отличие методов нормирования, согласно определениям, указанным в Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 31 октября 2022 года № 3268-р³² заключается в том, что при параметрическом нормировании государством регулируются только эксплуатационные (функциональные) параметры объекта, а при предписывающем – регулируются параметры конкретных применяемых материалов и методов производства работ при строительстве объекта.

Известный эксперт по международному нормированию Серых А.Р. в своей работе [1] представил определение терминам параметрического и предписывающего нормирования несколько иначе, где параметры рассматриваются как рамки, ограничения или условия, накладываемое на объект нормирования. Зарубежный же термин Performance-based rationing можно также перевести как нормирование, основанное на результатах.

Условную структуру параметрических норм можно представить в виде иерархической пирамиды из трех уровней [1]. На рисунке 1 изображена структура параметрического нормирования.

³² Распоряжение Правительства РФ от 31.10.2022 №3268-р «О стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/352185341>. Дата обращения 07.11.23.

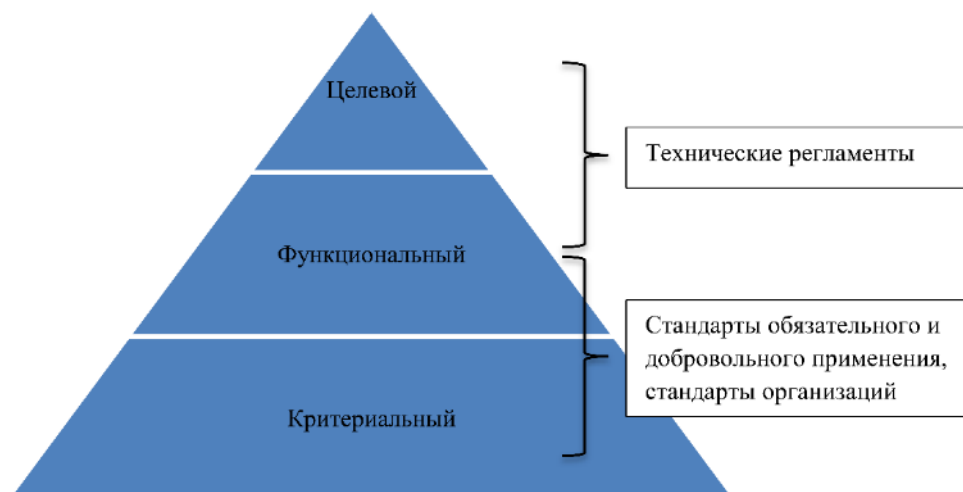


Рис.1. Структура параметрического нормирования

Согласно п.4 ст.7 184-ФЗ³³ целью технического регламента является установление требований к характеристикам продукции и связанным с требованиями к продукции процессам проектирования и строительства без указания требований к самим конструкциям и исполнению.

Так, в статье 1 384-ФЗ³⁴ декларируются цели в виде безопасности, охраны окружающей среды и прочее, обеспечивая верхний уровень нормирования. Главы с 2 по 5 384-ФЗ дают функциональные характеристики среднего уровня нормирования. И все стандарты как из доказательной базы данного технического регламента, так и альтернативные решения в форме стандартов организаций дают критериальные параметры (рабочие показатели, характеристики и свойства) проектных решений, материалов и работ, обеспечивая нижний уровень нормирования.

При этом существующие стандарты несут в своем составе также и сведения, которые можно отнести к функциональному уровню.

Таким образом государственное регулирование ограничено целями типа безопасности через параметры функциональности, тем самым позволяя развиваться способам реализации целей.

То есть регулятор при помощи параметрического нормирования аналогично схемы работы двухстадийного проектирования задает цели и рамки, в которых участники рынка могут действовать и, что не менее важно – развиваться. Этим государство предоставляет отрасли больше свобод, в том числе через систему саморегулирования и разработку стандартов организаций.

Переход с предписывающего на параметрическое нормирование. По сути, курс на параметрическое нормирование начался с 2003 года с принятием 184-ФЗ. А признаки параметрического нормирования появились уже с 2009 года с принятием технических регламентов и перечней стандартов обязательного и добровольного применения (доказательной базы), касающихся сферы строительства.

С переходом на параметрическое нормирование обязательные строительные нормы и правила (далее – СНиП) и государственные отраслевые стандарты (далее – ГОСТ) перевелись в разряд стандартов обязательного и добровольного применения, сверху над которыми образовалась надстройка в виде технических регламентов и других нормативных правовых актов, а также появились новые способы обоснования альтернативных проектных решений.

³³ Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/. Дата обращения 07.11.23.

³⁴ Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 № 384-ФЗ. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/. Дата обращения 07.11.23.

Упрощенно схему перевода отечественного нормирования с предписывающего на параметрическое можно изобразить на рисунке 2.



Рис.2. Отличия параметрического нормирования от предписывающего

На данный момент законодательством не предусмотрено обязательной экспертизы техническими комитетами стандартов организации на соответствие требованиям технических регламентов. Вместе с тем оценка соответствия таких альтернативных решений является главной проблемой реализации параметрического нормирования на практике.

Согласно проекту свода правил «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения»³⁵ критериальный уровень структуры параметрического нормирования уточнили, разделив его на три комплекса норм:

1. Строительные нормы.
2. Строительные правила.
3. Нормы затрат.

³⁵ Проект свода правил «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения». Росстандарт. Режим доступа:

https://www.gost.ru/portal/gost/home/activity/standardization/notification/notificationssetrules?portal:isSecure=true&navigationonlstate=JBPNS_r00ABXdjAAZsZW5ndGgAAAABAAIxMAAGYWN0aW9uAAAAAQAMbm90aWZpY2F0aW9uAAJpZAAA AAEABiA2MzM0NgAEcGFnZQAAAAEAATAABXN0YXRlAAAAAQAGQUNUVUFMAAdfX0VPRl9f&portal:componentId=5bb1aa96-ad4f-4e66-afe1-a7d403577940. Дата обращения 07.11.23.

Строительные нормы включает эксплуатационные требования, которые в свою очередь должны обеспечиваться иными требованиями (допустимыми, или приемлемыми решениями) строительных правил, а также альтернативными решениями стандартов организаций.

Нормы затрат включают сметные нормы и правила в сфере ценообразования.

Таким образом можно заключить, что смысл параметрического нормирования предлагаемой новации остается тот же, приводятся в порядок лишь структура и формы критериального уровня норм с разработкой соответствующих стандартов.

Преимущества параметрического и недостатки предписывающего нормирования достаточно изучены. Обозначим проблемы, с которыми сейчас неизбежно сталкиваются участники на стадии строительства в своей работе при переходе на новое нормирование.

Проблемы параметрического нормирования на стадии строительства. Плюрализм, вызванный параметрическим нормированием, породил закономерное дублирование требований, а также случаи их противоречия друг-другу. И несмотря на то, что согласно ст.4 162-ФЗ³⁶ принципами стандартизации заложено исключение в том числе и данных коллизий, в виду несовершенства системы нормирования, требования межведомственных стандартов и нормативных правовых актов часто конфликтуют и вносят дисгармонию в систему нормирования.

Таким образом если раньше участникам строительства достаточно было один раз выучить условный набор требований СНиП и ГОСТ, чего хватало на весь остаток жизни, то теперь данные нормативные технические документы стали лишь средствами обеспечения обязательных требований, прописанных в технических регламентах и других нормативных правовых актах. Таким образом строители теперь должны обладать также и юридическими познаниями в своей предметной области.

Представители всевозможных проверяющих «органов» также находятся в состоянии неразберихи и часто допускают ошибки в трактовании требований, а правоприменительная практика показывает, что суды не имеют однозначной позиции по одному и тому же вопросу.

В предписывающем нормировании такой проблемы в принципе не могло возникнуть так как был условно единый набор норм, неисполнение которых каралось по закону. На практике даже не имея на объекте разработанного проекта производства работ (далее – ППР), технологических карт (далее – ТК), или схем операционного контроля качества (далее – СОКК), в которых требования этих норм просто переносились, но зная сами нормы, можно было как производить работы, так и контролировать их.

Параметрическое нормирование кардинально меняет отношения на стадии строительства в части оценки соответствия. Участники строительства получают возможность выбора между множеством добровольных стандартов, или даже собственных стандартов организаций.

При этом согласно разъяснениям Минстроя России³⁷ добровольность применения стандартов и сводов правил, включенных в перечень, не означает, что они могут не соблюдаться. То есть соблюдать придется в любом случае, с разницей лишь в наличии выбора между добровольным стандартом и альтернативным решением.

На стадии проектирования и оценки соответствия в форме государственной экспертизы проектировщик должен воспользоваться решением, предложенным в стандартах добровольного применения, либо обосновать выбранное альтернативное решение и указать критерии качества.

³⁶ Федеральный закон «О стандартизации в Российской Федерации» от 29.06.2015 № 162-ФЗ. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_181810/. Дата обращения 07.11.23.

³⁷ Письмо Минстроя России от 23 октября 2019 года № 40060-АС/08 «О разъяснении особенностей обязательного и добровольного применения документов, включенных в доказательную базу технического регламента № 384-ФЗ от 30.12.2009». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/563636204>. Дата обращения 07.11.23.

Далее на стадии строительства установленные проектом решения и критерии качества становятся обязательными для исполнения, а выбор подрядчика остается только в части способов производства работ и их контроля. И для того, чтобы не было двусмысленных толкований двояких требований по качественным характеристикам материалов, работ и готовых конструкций, выбор в пользу даже не какого-то определенного стандарта, а конкретного требования стандарта теперь нужно где-то зафиксировать.

На данный момент с этой целью на стадии проектирования используются текстовые данные проектной и рабочей документации. Согласно пп.«у» п.10 ПП РФ №87³⁸ раздел «Пояснительная записка» проектной документации содержит:

«перечень документов по стандартизации, используемых полностью или частично на добровольной основе для соблюдения требований технических регламентов (из числа документов по стандартизации, включенных в перечни документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технических регламентов)».

Данное условие появилось сравнительно недавно в редакции от 27.05.2022. Вместе с тем, аналогичная попытка перечислить общим списком все добровольные стандарты, сделав их обязательными осуществлялась также и при помощи договора подряда.

Однако общий перечень без привязки требований по производству работ и контролю качества к конкретным материалам, работам и конструкциям если и позволит вынести решение в суде в пользу той или иной стороны, то на практике не помогает участникам строительства провести процедуру правильно. При этом множество специалистов не приемлют такое нормирование. Они не понимают, зачем переводить большинство стандартов в разряд добровольных, чтобы потом их перечислять все в проектной документации или договоре как обязательные.

Также согласно пп.«и» п.23 ПП РФ №87 раздел «Проект организации строительства» проектной документации содержит:

«перечень видов строительных и монтажных работ, ответственных конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения, подлежащих освидетельствованию с составлением соответствующих актов приемки перед производством последующих работ и устройством последующих конструкций».

Аналогичное условие указано также в ГОСТ Р 21.101-2020³⁹.

Такой перечень на практике также не работает из-за недостаточной проработки проектировщиком данного вопроса. В результате участники строительства часто вынуждены разрабатывать отдельные перечни, либо делать прямые ссылки требований законодательства и стандартов на соответствующие виды работ, игнорируя данные проектной и рабочей документации в указанной части.

Также согласно п.23 ПП РФ №87 Раздел 7 «Проект организации строительства» проектной документации содержит предложения по обеспечению контроля качества и организации геодезического и лабораторного контроля.

На практике этих сведений для производства работ и контроля их качества недостаточно так как данный вопрос не стандартизирован, а проектировщики исполняют требования по-разному, часто лапидарно.

Варианты решения проблем. Практика показала, что, если проектировщик не укажет в проекте какой-либо стандарт, устанавливающий конкретные показатели качества, а далее заказчик не укажет этот стандарт в контракте на строительные-монтажные работы, начинаются споры. Соответственно это также влияет как на выдачу замечаний строительного контроля заказчика, так и на их принятие или оспаривание подрядчиком.

³⁸ Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 (ред. от 06.05.2023) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию». Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_75048/. Дата обращения 07.11.23.

³⁹ ГОСТ Р 21.101-2020 Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293720/4293720404>. Дата обращения 07.11.23.

Для решения данной проблемы НОСТРОЙ в свое время выпустил разъяснения⁴⁰, где предлагается несколько вариантов фиксации требований добровольных стандартов на той или иной стадии проектирования или строительства. Кратко рекомендации сводятся к следующему.

На стадии проектирования:

- указать перечень стандартов в задании на проектирование и далее в проектной и рабочей документации.

На стадии закупок (торгов) и при заключении контракта:

- указать перечень стандартов в закупочной документации и в контракте.

На стадии строительства:

- внести изменения в проектную и рабочую документацию с указанием отсутствующих стандартов.
- указать стандарты в дополнительном соглашении к контракту.
- указать стандарты в организационно-технологической документации по согласованию с заказчиком.

Одним из вариантов решения данной ситуации на стадии строительства может быть прописывание такого стандарта в организационно-технологической документации (ППР, ТК и СОКК). Однако некоторые требования стандартов не устанавливают критерии, характеристики или параметры, а дают выбор это сделать проектировщиком. Ссылаясь на такой пункт стандарта в проектной документации, проектировщик фактически ничего не устанавливает сам и оставляет данный вопрос на усмотрение участниками на стадии строительства. В результате проблема не решается, а переносится на следующую стадию.

В такой модели взаимодействия установление характеристик качества к материалам, работам и готовым конструкциям на стадии строительства подрядной организацией за заказчика и проектировщика является не самым оптимальным решением.

К концу 2020 года планировалось разработать единый реестр требований, аналогично существовавшим с 2014 года исчерпывающих перечней процедур в сфере строительства, однако по истечению трех лет работа в данном направлении все еще продолжается с утверждением изменений к правилам формирования и ведения реестра⁴¹.

Также одним из решений проблемы существующего хаоса в нормировании является разработка SMART-стандартов, позволяющих добиться сокращения дублирования требований разных стандартов, а также их не противоречия друг-другу. Переход на SMART-стандарты также направлен на цифровое проектирование и автоматизацию экспертизы части стандартных решений в ближайшем будущем за счет их перевода в машиночитаемый и машинопонимаемый вид [12, 13, 14].

Однако, что делать участникам строительства сейчас? Обратимся к зарубежному опыту в данном вопросе, где параметрическое нормирование работает не один десяток лет.

Технические спецификации. Согласно п.14.1 162-ФЗ: «Техническая спецификация (отчет) – документ по стандартизации, утвержденный техническим комитетом по стандартизации и устанавливающий характеристики, правила и принципы в отношении

⁴⁰ Разъяснения о применении стандартов на процессы выполнения работ по строительству, реконструкции, капитальному ремонту, сносу объектов капитального строительства, утвержденных Ассоциацией «Национальное объединение строителей». Режим доступа: <https://nostroy.ru/upload/iblock/bb8/t1b0haz2pgssgld590o96n2y2gdk1hdk/Разъяснения%20о%20применении%20стандартов%20на%20процессы%20выполнения%20работ%20по%20строительству.pdf>. Дата обращения 07.11.23.

⁴¹ Постановление Правительства РФ от 31.08.2023 № 1417 «Об утверждении Правил формирования и ведения реестра требований, подлежащих применению при проведении экспертизы проектной документации и (или) экспертизы результатов инженерных изысканий, осуществлении архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта, эксплуатации и сноса объектов капитального строительства, и о признании утратившим силу постановления Правительства Российской Федерации от 12 сентября 2020 г. № 1417». Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407496556/>. Дата обращения 07.11.23.

инновационной продукции (работ, услуг), процессов, исследований (испытаний), измерений, включая отбор образцов, и методов испытаний».

Аналогично стандартам ISO/TS и ISO/TR техническую спецификацию и отчет можно отнести к материалам, которые могут стать основанием для разработки стандарта.

Вместе с тем в зарубежной практике термин технической спецификации (Technical specifications) рассматривается шире и устанавливает требования (Requirements) к процессам проектирования и строительства в виде технических стандартов (Technical Standard), либо контрактных документов, с целью разработки и фиксации требований, что соответствует термину и определению согласно п.3.8.7 ГОСТ Р ИСО 9000-2015⁴². Близким по смыслу к технической спецификации можно отнести техническое условие, техническое требование, или техническое задание.

В данном исследовании техническая спецификация рассматривается как текстовая (описательская) часть к чертежам проектной документации (Construction documents). В зарубежной практике эта группа документов является неотъемлемой частью договора подряда и устанавливает исчерпывающие качественные характеристики и другие показатели через требования к материалам, работам, конструкциям и услугам. При спорах технические спецификации признаются главенствующими даже над проектной документацией [15].

Разрабатываются технические спецификации проектировщиком не с нуля, а, как правило, на основе типовых (модельных) стандартов. За рубежом существует множество объединений, которые разрабатывают сборники типовых технических спецификаций в помощь заказчикам, проектировщикам и строителям. К примеру, в США – это Институт строительных спецификаций (Construction Specifications Institute – CSI), в Великобритании – Национальная строительная спецификация (National Building Specification Limited – NBS) и др.

CSI разработали формат технических спецификаций для гражданского строительства, которые состояются на каждый дивизион (Division) согласно классификатору MasterFormat 1995.

Структура MasterFormat 1995 иерархически упорядочивает здание и общие требования на части по уровням:

- Division 1 - General Requirements (общие требования);
- Division 2 - Site Work (работы на площадке);
- Division 3 - Concrete (бетон);
- Division 4 - Masonry (кладка);
- Division 5 - Metals (металлоконструкции);
- Division 6 - Wood and Plastics (древесина и пластик);
- Division 7 - Thermal and Moisture Protection (тепло и влагозащита);
- Division 8 - Doors and Windows (окна и двери);
- Division 9 - Finishes (отделка);
- Division 10 - Specialties (специальные работы);
- Division 11 - Equipment (оборудование);
- Division 12 - Furnishings (мебель);
- Division 13 - Special Construction (специальные конструкции);
- Division 14 - Conveying Systems (лифты);
- Division 15 - Mechanical (механическое);
- Division 16 - Electrical (электрика).

⁴² ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200124393>. Дата обращения 07.11.23.

При этом каждый дивизион делится на более подробные секции (Sections).

С 2004 года CSI разработали новый классификатор MasterFormat 2004 с 50 дивизионами.

В Великобритании существуют аналогичные классификаторы типа Общего порядка рабочих разделов (Common Arrangement of Work Sections – CAWS) и пришедшего ему на замену Uniclass.

Вышеуказанные примеры классификации с их структурой можно приблизительно соотнести с составом разделов отечественной проектной документации и марок рабочей документации.

Рассмотрим состав сведений технической спецификаций, предлагаемый CSI.

Техническая спецификация на каждый дивизион имеет в своем составе три части данных⁴³:

PART 1 - GENERAL (общие положения);

PART 2 - PRODUCTS (изготовление материалов);

PART 3 - EXECUTION (производство работ);

Первая часть (PART 1) технической спецификаций включает требования по административному управлению, в том числе обеспечению качества. Здесь указываются необходимые процедуры, документы, которые подрядчик должен предоставить, в том числе рабочую документацию (Detailed drawings, Shop drawings), минимальные квалификационные требования исполнителей, вопросы охраны труда и техники безопасности, координации работы с другими подрядчиками и службами, а также другие необходимые требования.

Вторая часть (PART 2) включает требования к изготовлению материалов и оборудования, а также их необходимый контроль непосредственно на заводе-изготовителе или на месте строительства.

Третья часть (PART 3) посвящена требованиям качества выполняемых работ и необходимых испытаний.

Таким образом стандарты технических спецификаций, а также сметные сборники и описываемые в контрактных документах требования к материалам, работам и услугам имеют единую структуру построения и облегчает работу пользователям.

Для индивидуального жилого строительства обычно пользуются спецификациями типа ArCHspec⁴⁴, которые в целом также имеют структуру из 16 основных дивизионов классификатора MasterFormat 1995.

В отличие от текстовых данных проектной и рабочей документации технические спецификации решают задачу упорядочения и концентрации требований стандартов добровольного применения, стандартов организаций и делает их для конкретного объекта и конкретного подрядчика обязательными. Данные структурированы с подробной привязкой к материалам и видам работ, что сокращает ошибки при разработке документов, а также при помощи кодирования этих данных позволяет цифровизовать многие последующие процессы.

Также техническая спецификация могла бы решить одну из проблем, с которой сталкиваются особо остро на государственном заказе. Это необходимость обезличивания торговых наименований, или марок изделий согласно требованиям описания объекта закупки ст.33 44-ФЗ⁴⁵. По нему в техническом задании и в проектной документации запрещено указывать торговые наименования и товарные знаки, ограничиваясь функциональными, техническими, качественными и эксплуатационными

⁴³ Construction Specifications Practice Guide by CSI. John Wiley & Sons inc. 2011. 274p.

⁴⁴ Architectural Residential Specifications ArCHspec. Режим доступа: <https://www.archomes.org/product/archspec>. Дата обращения 07.11.23.

⁴⁵ Федеральный закон «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» от 05.04.2013 № 44-ФЗ. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144624/. Дата обращения 07.11.23.

характеристиками объекта закупки (при необходимости), либо при их указании это должно сопровождаться припиской «либо эквивалент».

Необходимость такого обезличивания – обеспечение основного принципа конкуренции, чтобы не ограничивать производителей и поставщиков продукции, когда проектировщик или даже заказчик желает видеть продукцию конкретного производителя. И многие проектировщики получают вознаграждение от производителей, когда те закладывают именно их продукцию в проекте или в смете.

Аналогичные требования к описанию объекта закупки существуют и за рубежом. В части 2 технической спецификации все это описано без указания торговых наименований или марок изделий. Таким образом система технических спецификаций через качественные характеристики дает возможность подрядчику на стадии строительства аналогично выбору проектировщика между добровольным и альтернативным решением как способам реализации целей и функций нормирования, также выбирать способы реализации проектных решений в части выбора эквивалентов (аналогов) материалов и способов производства работ.

Техническая спецификация может служить также расширенным техническим заданием на проектирование при способе строительства «проектируй-строй» (Design-Build – DB).

Далее техническими спецификациями активно пользуются претенденты при составлении своих предложений (цены за единицу, или паушальной суммы) на закупках.

После контрактации технические спецификации используются при разработке рабочей документации подрядчиком, детализируя проектную документацию и устанавливая торговые наименования материалов в соответствии с установленными характеристиками.

Также данные из технических спецификаций используются при планировании контроля качества в формах Inspection and Test Plan – ИТР (план проверок и испытаний) – аналоге отечественных схем операционного контроля качества, беря оттуда критерии и показатели качества [16]. И та трудоемкая работа по прописыванию пунктов ссылок стандартов в акте освидетельствования скрытых работ, которая сейчас в большинстве выполняется формально, с применением технических спецификаций становится избыточной. Дается ссылка на план, в котором уже собраны сами требования, либо ссылки на стандарты.

Развитие стандартов по строительному контролю и ведению исполнительной документации. Одной из целей перехода на параметрическое нормирование является поощрение внедрения инноваций, а также снижение государственного регулирования, что должно обеспечиваться также и возможностью развития самих стандартов. В нормативных правовых актах и технических регламентах мы не найдем каких-то подробных указаний что и как должно быть сделано, как это было в СНиП. Теперь такая подробность – лишнее или даже вредное свойство, которое не дает работать параметрическому нормированию.

Более подробные указания должны быть в стандартах обязательного и добровольного применения, стандартах организаций, а также в условиях контракта. Только так система стандартов сможет начать развиваться, потому что изменить стандарты и вписать нужные условия в контракт в заданных рамках законодательства легче, чем изменить само законодательство.

Одну из главных ролей в снижении государственного регулирования и развитии норм должны играть саморегулируемые организации с разработкой стандартов организаций согласно требованиям п.1 ст.2 315-ФЗ⁴⁶, ч.9 ст.55.5 ГрК РФ⁴⁷ и п.13 ст.2 162-ФЗ. Исходя из

⁴⁶ Федеральный закон «О саморегулируемых организациях» от 01.12.2007 № 315-ФЗ Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72967/. Дата обращения 07.11.23.

⁴⁷ Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 04.08.2023) Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/. Дата обращения 07.11.23.

вышеизложенного параметрическое нормирование также связано с принципами конкуренции и является их гармоничным продолжением.

Кроме того, одной из причин, по которой у нас не развивается система строительного контроля и исполнительной документации являются излишне подробные указания в законодательстве и других нормативных правовых актах в части правил ведения и обязательных форм исполнительной документации. Саморегулируемые организации если и разрабатывают стандарты, то в развитие существующих, не создавая альтернативных решений исполнения требований законодательства и технических регламентов. Результатом тиражирования одних и тех же способов реализации целей является застой и падение эффективности бизнес-процессов, решить проблему которых пытаются дорогостоящими методами типа внедрения цифровизации, в том числе перевода стандартов в машиночитаемый и машинопонимаемый вид, внедрения очередного единого перечня и разработки SMART-стандартов.

Так, надстройку системы ИСО 9000/9001 с ее обтекаемыми формулировками и отсутствием точных указаний что и чем конкретно должно оформляться и контролироваться установили на существующую систему строительного контроля и ведения исполнительной документации. По этим причинам система ИСО в отечественной практике строительного контроля не работает и выступает лишь в качестве маркетинга, хотя один из ее постулатов предписывает постоянное совершенство системы качества [17].

ВЫВОДЫ

На данный момент практика работы по параметрическому нормированию показала, что общего перечня стандартов добровольного применения в проектной документации или в контракте для перевода их требований в обязательный разряд оказалась недостаточно.

Зарубежная техническая спецификация – один из эффективных инструментов не только обеспечения параметрического нормирования, но и соблюдения принципов конкуренции.

Таким образом техническая спецификация с одной стороны является барьером, который ограждает строителей от «зоопарка» требований стандартов, а с другой стороны дает им больше свобод строить в заданных рамках технических характеристик (параметров).

Наличие аналога такого документа как техническая спецификация, либо изменение требований к составу проектной документации с внедрением структурированных текстовых данных могут позволить перевести их в машиночитаемый формат. В этом случае проектная документация может помочь с разработкой таких документов как СОКК, технического задания на закупку немонтируемого оборудования, исполнительной документации, а также замечаний строительного контроля.

Кроме того, анализ структуры законодательства показал, что вопросы строительного контроля и ведения исполнительной документации зарегулированы государством и не позволяют развиваться стандартам добровольного применения и стандартам организаций в том числе с целью цифровизации бизнес-процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Серых А.Р.* Техническое регулирование в строительстве. Аналитический обзор мирового опыта: Snip Innovative Technologies. Чикаго: SNIP. 2010. 889С.
2. *Пустовгар А.П.* Доклад на тему «Обоснование и применение методов нормирования в строительстве» Конференция «О мерах по выполнению поручения Президента Российской Федерации по итогам Государственного совета РФ 17 мая 2016 года по приведению в соответствие с современными требованиями документов технического регулирования в сфере строительства с учетом гармонизации отечественных и международных стандартов и лучших мировых практик» 06.10.2016 г. Москва. Режим доступа: <https://www.nopriz.ru/upload/presentations/Pustovgar.pdf>. Дата обращения 07.11.23.
3. *Каган П.Б., Бабушкин Е.С.* Перспективы применения цифровых стандартов в строительстве // Строительное производство. №2. 2023. С.106-110.
4. *Николенко К.С., Абсиметов В.Э.* Преимущества и недостатки параметрического и целевого методов нормирования конструктивных решений строительных конструкций // Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. Том 2. Белгород, 2022 Наука и инновации в строительстве. 2022. С.31-34.
5. *Щербина В., Любимов М.* Техническое регулирование - прошлое и настоящее // Алгоритм безопасности. №5. 2010. С.56-62.
6. *Басов А.В.* Техническое регулирование и стандартизация в строительстве // Жилищное строительство. №1-2. 2019. С.3-7.
7. *Блинов В.П.* О техническом регулировании строительства в Евросоюзе // Стандарты и качество. №3. 2017. С.16-20.
8. *Викторов М.Ю., Барина Л.С., Пугачев С.В.* Проблемы и перспективы развития технического регулирования и стандартизации в строительстве // Экономика и управление народным хозяйством. №4. 2013. С.3-44.
9. *Барина Л.С., Пугачев С.В.* Техническое регулирование в строительстве сегодня // Стандарты и качество. №10. 2011. С.52-56.
10. *Кутузов В.* Правовые аспекты гармонизации технического регулирования строительства в России, европейском союзе и ЕВРАЗЭС // Хозяйство и право. №11(430). 2012. С.68-76.
11. *Травуш В.И., Кузеванов Д.В., Волков Ю.С.* О стратегии развития строительной отрасли Российской Федерации на 2030-2035 годы // Промышленное и гражданское строительство. №8. 2022. С.4-10.
12. *Белая М.Н.* SMART-стандарты - новый взгляд на цифровизацию // Информационные системы и технологии в моделировании и управлении. Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции. Отв. редактор К.А. Маковейчук. Симферополь. 2023. С.228-231.
13. *Матушкина И.Ю., Михалёва Е.А.* Умный стандарт как инструмент цифровой трансформации // Техническое регулирование в едином экономическом пространстве Сборник статей IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Под научной редакцией Б.Н. Гузанова. Екатеринбург. 2022 С.44-48.
14. *Каган П.Б., Бабушкин Е.С.* Перспективы применения цифровых стандартов в строительстве // Строительное производство. №2. 2023. С.106-110.
15. *Карпушкин А.С.* Зарубежные подходы проектирования, ценообразования и закупок в строительстве как рыночные механизмы обеспечения конкуренции // Сметно-договорная работа в строительстве. №6. 2022. С.4-17. DOI:10.33920/str-01-2206-01.
16. *Карпушкин А.С.* Сравнительный анализ элементов планирования, уведомления технического заказчика и предъявления работ в отечественной системе строительного контроля и зарубежной практике // Материалы всероссийской молодежной научно-практической конференции «Технология и организация строительного производства» СПбГАСУ 28-29 апреля 2021. С.96-110.
17. *Мотылев Р.В., Карпушкин А.С.* Совершенствование стандартов в части строительного контроля и исполнительной документации на базе систем менеджмента качества // III Международная научно-практическая конференция молодых ученых «Роль технического регулирования и стандартизации в эпоху цифровой экономики» 25 ноября 2021 г. г.Екатеринбург. УРФУ. С.150-158.

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ДЕМОНТАЖНЫХ РАБОТ В РОССИИ НА ОСНОВЕ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ ИНИЦИАТИВЫ «ЭКОНОМИКА ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА»

Д.М. Мазурин¹, М.Е. Дементьева²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ceo@dmazurin.ru

²7dem@mail.ru

Аннотация

Современным трендом в мировой экономике является вовлечение в хозяйственный оборот образующихся отходов производства и потребления. Правительство России поставило перед строительной отраслью амбициозную задачу – увеличить к 2030 году в строительном производстве долю вторично используемых стройматериалов, образующихся при сносе зданий, до 40%. Однако на текущий момент существует проблема неразвитости системы оборота ресурсов в строительной отрасли. К тому же отсутствует организационно-технологическая взаимосвязь двух укрупненных процессов – демонтажа здания и утилизации образующихся отходов. Поэтому целью статьи является изучение перспективных направлений развития монтажных работ в рамках экономики замкнутого цикла. Предметом исследования являются факторы, определяющие возможности включения в технологический цикл ликвидации зданий этап подготовки строительных отходов для их вторичного использования в отраслях жилищно-коммунального хозяйства, промышленного, гражданского, дорожного строительства. Исследование основано на методах наблюдения, фотофиксации, описания на примере сноса здания по программе реновации в Москве, а также методах системного анализа отечественного и зарубежного опыта по сносу зданий. Анализ научных исследований проблем в области производства монтажных работ позволил определить стратегические направления развития деятельности по ликвидации зданий с учетом взаимосвязи монтажных работ и работ по утилизации строительных отходов. Результатом работы является разработка рекомендаций по созданию общего центра – единого оператора по обращению со строительными отходами, в функции которого входит согласование и контроль всех этапов сноса, в том числе этап переработки строительных отходов, включая их сертификацию.

ВВЕДЕНИЕ

Глобальной мировой проблемой является накопление отходов производства и потребления [1-3]. Так, по данным Минприроды РФ в России ежегодно накапливается более 8 млрд. тонн отходов разных видов. В государственном докладе Федеральной службы по надзору в сфере природопользования указано, что строительная отрасль занимает 6 место по количеству образующихся отходов. При этом в настоящее время в России утилизируется от 5% до 30% всех строительных отходов в зависимости от вида стройматериала. Остальная часть отходов остается невостребованной, в результате чего их вывозят на полигоны для последующего захоронения. Для решения данной проблемы Правительством РФ была разработана стратегическая инициатива «Экономика замкнутого цикла», направленная на решение фундаментальных задач в сфере обращения с отходами и предполагающая увеличение доли использования вторичного сырья в производстве продукции и товаров [4].

В 2022 году, для перехода к экономике замкнутого цикла, был утвержден Паспорт отраслевой программы Минстроя России «Применение вторичных ресурсов, вторичного сырья из отходов в сфере строительства и жилищно-коммунального хозяйства на 2022-2030 годы». Основными принципами данной программы являются ресурсосбережение и ресурсная эффективность, которые основаны на комплексном подходе к использованию ресурсов на протяжении всего жизненного цикла строительного объекта с учетом экологических требований, технико-экономического обоснования и организационно-

технологических возможностей строительной отрасли. Главными задачами программы являются:

1. Увеличение количества отходов строительства, вовлекаемых в хозяйственный оборот в качестве вторичного сырья, переданных на утилизацию.
2. Сокращение количества отходов строительства, направляемых на захоронение.
3. Формирование комплексного подхода к обращению со строительными отходами на всех этапах их жизненного цикла зданий и сооружений.
4. Увеличение доли вторичных ресурсов и продукции из вторичного сырья, применяемых в отраслях жилищного, промышленного, гражданского, дорожного строительства и жилищно-коммунального хозяйства.

Решить данные задачи возможно на основе совершенствования организационно-технологических решений по ликвидации зданий с последующей грамотной сортировкой и утилизацией строительных отходов [5, 6]. Вместе с тем существуют проблемы, препятствующие реализации отраслевой программы Минстроя России. Например, в настоящее время наблюдается дефицит стационарных и мобильных комплексов по переработке полного ассортимента строительных отходов [7, 8], а технологию сортировки отходов во время демонтажа зданий и сооружений применяют редко и не ко всем видам отходов [9, 10]. В этой связи актуальной задачей является изменение подходов к организации и технологии демонтажных работ на основе более детальной проработки этапа подготовки строительных отходов для их последующего вовлечения во вторичное применение. Поэтому целью данного исследования является изучение перспективных направлений развития демонтажных работ в рамках экономики замкнутого цикла. Достижение поставленной цели основано на решении следующих задач:

- изучение существующих проблем в области производства демонтажных работ;
- систематизация факторов, определяющих возможности включения в технологический цикл ликвидации зданий также этап подготовки строительных отходов для их вторичного использования;
- разработка рекомендаций по созданию профильной организации – единого оператора по обращению со строительными отходами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования является процесс сноса здания, рассматриваемый как совокупность нескольких этапов, таких, как обследование здания, разработка проекта организации и проекта производства работ, подготовительные и демонтажные работы, сбор, обработка и утилизация образующихся строительных отходов.

Предметом исследования являются факторы, позволяющие повысить долю строительных отходов, вовлекаемых во вторичное применение в отраслях жилищно-коммунального хозяйства, промышленного, гражданского, дорожного строительства.

Исследование основано на методах наблюдения, фотофиксации, описания и системного анализа. В статье рассматривается опыт применения так называемой технологии «умного сноса» по программе реновации в г. Москве. Также исследован опыт внедрения новой системы обращения с отходами строительства в Московской области на основе мобильного приложения «Мобильный КПТС».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Базовыми документами в подготовке здания к ликвидации являются его паспорт и заключение по результатам технического обследования [11]. Главная задача этих документов – это описание всех конструкций и материалов, которые составляют здание, включая как несущие, так и отделочные, и подсчет объемов предстоящих демонтажных работ. Результаты технического обследования уточняют фактическое соответствие или несоответствие здания данным паспорта, поскольку в течение длительной эксплуатации, в частности при производстве ремонтных и реконструктивных работ, может изменяться

проектное решение, применяемые материалы. На основе заключения составляется регламент обращения с отходами демонтажа. Последующая тщательная проверка государственными органами содержания технологического регламента обеспечивает правильное планирование обращения со строительными отходами. Одним из направлений совершенствования процедуры подготовки здания к ликвидации являются ТИМ. Их применение, как при проектировании, так и при последующем строительстве и эксплуатации зданий позволит в полной мере отразить актуальную информацию о конструктивном, планировочном решении здания, применяемых конструкциях, элементах и материалах, с учетом вероятных изменений в ходе эксплуатации. Помимо этого ТИМ позволяют еще на этапе проектирования подобрать наиболее целесообразную технологию сноса, облегчающую разборку здания с возможностью сортировки отходов.

Следующим важным фактором, определяющим безопасность производства работ по сносу здания, является разработка технически грамотного проекта производства работ и совершенствование технологических карт. основополагающим нормативным документом для разработки проектной документации служит СП 325.1325800.2017. Вместе с тем фиксируются случаи, когда компании по демонтажу зданий экономят средства и разрабатывают проект организации демонтажных работ не у профильных проектных организаций, что приводит к трагическим последствиям. Так, встречающихся последствиями являются недоучет прочностных характеристик конструкций, не выдерживающих спецтехнику (рис. 1а), неправильный подбор средств механизации, недоучет опасной зоны, отсутствие расчета вероятности опасного обрушения при выбранной технологии производства работ (рис. 1б).



Рис. 1. Примеры последствий нарушений, допущенных при разработке проектной документации по сносу здания: а) провал экскаватора в подвал здания; б) вероятность обрушения здания на экскаватор и машиниста при нарушении технологии работ

Важнейшим фактором, определяющим развитие демонтажных работ, является минимизация воздействия вредных факторов на человека и окружающую городскую среду [12]. Демонтажные работы являются опасными вследствие образования большого количества пыли, а также шума и вибрации. На данный момент для предотвращения образования пыли на площадке сноса устанавливают водяные пушки, а автосамосвалы, перевозящие мусор на полигоны, должны обязательно накрываться брезентом. Однако данные способы только частично помогают бороться с пылевым образованием. Лучшими способами являются закрытие брезентом целого этажа, установка пылеуловителей и фильтров. Защита от шума при механизированном демонтаже практически невозможна. Только поэлементный способ демонтажа, а также запрет работы в ночное время с постоянным контролем уровня шума способствуют его снижению.

После демонтажа зданий полигонам, принимающим отсортированные строительные материалы, необходимо предоставлять разрешительную документацию отходополучателя в виде талонов. На сегодняшний момент в Московской области введена электронная система получения таких талонов в соответствии с Постановлением Правительства Москвы от 26 августа 2020 года №1386-ПП «Об утверждении порядка обращения с отходами

строительства и сноса в городе Москве». Отходопроизводители, в свою очередь, обязаны контролировать габаритные характеристики вывозимых стройматериалов, их вывозимый объем, выезжающий и въезжающий автотранспорт, транспортирующий строительные отходы. Однако такая система требует доработки, так как нередко случаи вывоза отходов на несанкционированные свалки. Важно, чтобы все лица, участвующие в ликвидации зданий, были заинтересованы в полной сортировке и утилизации строительных отходов. Сейчас со стороны государства, в рамках экономики замкнутого цикла, прорабатываются решения по инвестированию в перерабатывающую промышленность. Также важнейшей задачей является законодательное регулирование, введение повышающих коэффициентов к стоимости приема несортированных отходов полигоном, а также контроль вывоза с площадки сноса и контроль приема отходов на пункты переработки с помощью видеофиксации.

Немаловажным фактором является необходимость решения экологических проблем, связанных с накоплением мусора. Минимизация полигонов и свалок зависит от полноты сортировки строительных материалов. Так, например, сейчас самым перерабатываемым материалом является металлические конструкции в связи с их высокой стоимостью приема, вследствие этого их сортировке уделяется основное внимание. Поэтому финансирование представляется одним из целесообразных способов заинтересовать подрядчика сортировать строительные материалы еще при демонтаже здания, на площадке сноса. Так, на примере такого финансирования происходит так называемый «умный снос» по программе реновации в Москве. В частности, предварительно демонтируются все несущие элементы здания, т.е. элементы отделки, инженерные системы и оборудование. В результате остается только каркас здания из несущих конструкций (рис. 2). Впоследствии он сносится, оставляя после себя только бетонный и кирпичный бой [13, 14].

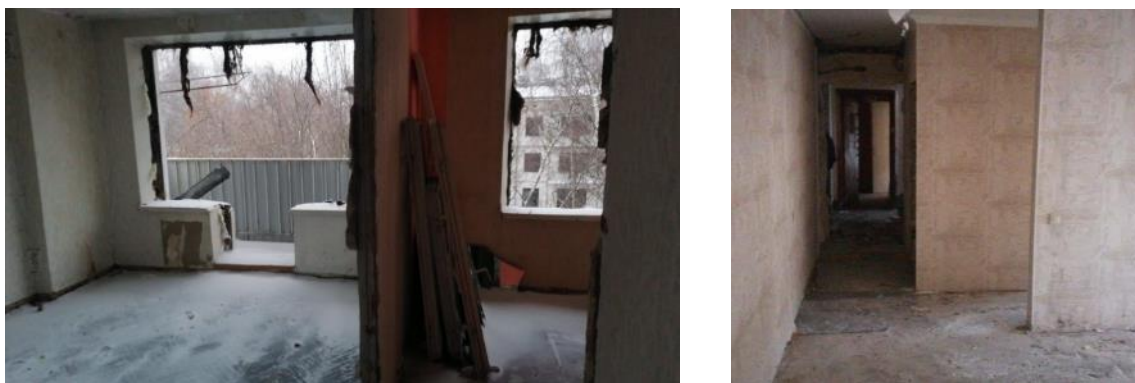


Рис. 2. Общий вид помещений демонтируемого жилого здания по программе реновации в г. Москве после разборки несущих элементов

Полнота сортировки материалов во время демонтажа здания зависит также от способа его возведения, конструктивного решения, применяемых материалов. Так, в зарубежной практике существует понятие деконструкции как способа селективного демонтажа, который предполагает получение при сносе неповрежденных элементов здания, максимально пригодных к повторному использованию [15-17]. Деконструкция является завершающим этапом непрерывного жизненного цикла строительного объекта и может быть реализована на основе ТИМ еще на этапе проектирования при выборе решений, предрасположенных к безотходной разборке. Для реализации деконструкции были выделены следующие основные принципы:

- разработка проекта деконструкции на этапе проектирования здания с разработкой готовых схем демонтажа, учитывающих конструктивные и планировочные особенности здания, а также свойства применяемых стройматериалов;
- использование несложных конструкций со стандартными пролетами, например, модульное или панельное строительство;

- использование прочных материалов, сохраняющих свои характеристики в течение нормативного срока эксплуатации и позволяющих повторно использовать конструкции;
- минимизация номенклатуры строительных материалов;
- обеспечение доступности соединений конструкций для упрощения их разборки;
- использование механических крепежных элементов, например, таких как болты, шурупы и гвозди, вместо герметиков и клеев.

Не малым фактором грамотной переработки отходов является аудит рынков отходов строительства [18, 19]. Так, в странах Евросоюза перед сносом здания проводится его аудит квалифицированным экспертом, обладающим профильными знаниями о строительных материалах и способах их рециклинга, о технологиях сноса, о местных рынках повторно используемых и переработанных материалов.

Проведенный аналитический обзор научных исследований позволил изучить существующие проблемы в области ликвидации зданий, выполнить системный анализ факторов, влияющих на эффективность утилизации строительных отходов и выявить основные принципы совершенствования демонтажных работ в России (рис. 3).

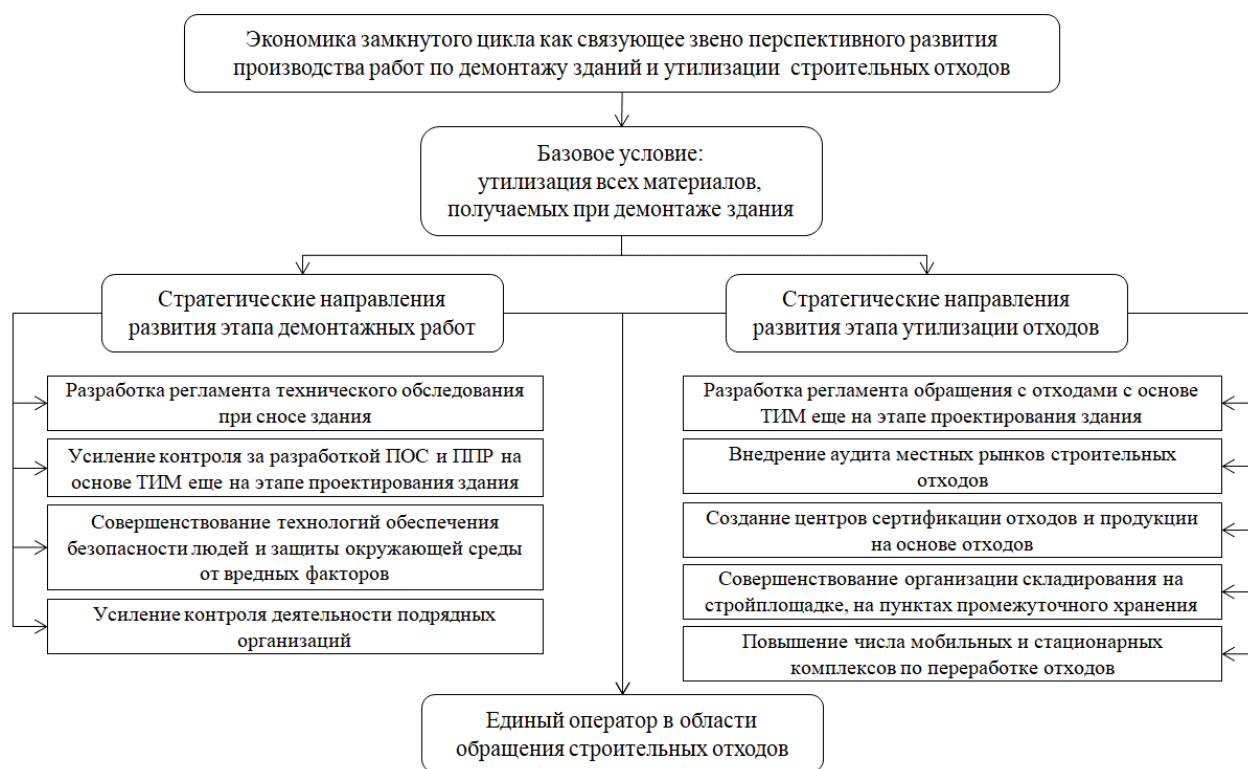


Рис. 3. Направления развития деятельности по ликвидации зданий с учетом взаимосвязи демонтажных работ и работ по утилизации строительных отходов

На текущий момент в России созданы специализированные компании в области контроля эффективности и законности деятельности по обращению с отходами. Так, например, Российский экологический оператор контролирует деятельность в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами, а Федеральный экологический оператор контролирует деятельность по обращению с отходами I и II классов опасности, в частности, с радиоактивными отходами. Учитывая значительные объемы строительных отходов, а также базовое условие стратегической инициативы «Экономика замкнутого цикла» по максимизации их переработки, в строительной отрасли также возникает потребность в создании единого оператора по обращению со строительными отходами. Данная структура может стать связующим звеном, контролирующим и согласовывающим все процессы по сносу здания, начиная с демонтажа, и заканчивая переработкой с вторичным

использованием строительных отходов, через общий центр. Конечным результатом будет сертификация всех вторичных строительных отходов, а также их продажа потребителям.

ВЫВОДЫ

Выполненный анализ научных исследований, отечественного и зарубежного опыта демонтажа зданий и сооружений показал, что на текущий момент значительная часть строительных отходов после сноса не вовлечена в хозяйственный оборот в качестве вторичного сырья.

Изучение существующих проблем в области производства демонтажных работ свидетельствует об отсутствии взаимосвязи этапов демонтажа и утилизации отходов. Проведенные исследования позволили систематизировать факторы, определяющие возможности включения в технологический цикл ликвидации зданий этап обработки строительных отходов для их вторичного использования. Научная значимость исследования обоснована предложенными стратегическими направлениями развития демонтажных работ в России.

В качестве практических рекомендаций дано предложение о создании связующего звена этапов производства демонтажных работ и утилизации образующихся отходов – главного оператора по контролю обращения строительных отходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аль-Бу-Али У.С.Д., Лесовик Р.В., Толстой А.Д., Ахмед А.А. Оценка отходов от сноса разрушенных зданий и сооружений в Ираке // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2020. Т. 10. № 1 (32). С. 24—31.
2. Hart J., Adams K., Giesekam J., Tingley D.D., Pomponi F. Barriers and drivers in a circular economy: The case of the built environment // Procedia CIRP. 2019. No. 80. pp. 619—624.
3. Adams K.T., Osmani M., Thorpe T., Thornback J. Circular economy in construction: Current awareness, challenges and enablers // Proc. Inst. Civ. Eng.-Waste Resour. Manag. 2017. No. 170. pp. 15—24.
4. Единая цифровая платформа экономики замкнутого цикла. Режим доступа: <https://geo.ru/ezc> Дата обращения: 10.11.2023.
5. Олейник П.П., Чулков В.О. Управление обращением с отходами строительства и сноса // Отходы и ресурсы. 2016. Т. 3. № 1. С. 5.
6. Дементьева М.Е., Мазурин Д.М. Особенности технологических решений по сносу зданий при реновации городской застройки // В сборнике: Актуальные проблемы строительной отрасли и образования. Сборник докладов Первой Национальной конференции. 2020. С. 831—836.
7. Липатова Е.С., Санникова Н.В., Санников Д.С. Рециклинг отходов при производстве строительных материалов // Мир Инноваций. 2022. № 1 (20). С. 29—34.
8. Олейник П.П., Бродский В.И. Организация работ по демонтажу зданий и сооружений // Естественные и технические науки. 2015. № 11 (89). С. 648—650.
9. Хмелевской Н.А. Эффективность переработки строительных отходов // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. 2020. № 3. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-pererabotki-stroitelnyh-otvodov>. Дата обращения: 24.10.2023.
10. Кременская Е.А., Тимофеев Д.С., Лоншакова А.Р., Цибульская А.К., Дрожжина Д.И. Иерархический подход к структурированию строительных отходов с позиции циклической экономики // Финансовая экономика. 2022. № 4. С. 114—116.
11. Черноиван В.Н., Леонович С.Н., Черноиван Н.В. Эффективные технологии производства работ по ликвидации не эксплуатируемых производственных объектов // Наука и техника. 2016. Т. 15. № 2. С. 95—106.
12. Манжилевская С.Е., Петренко Л.К., Кильян А.О., Кочерыгин Е.И. Основные экологические требования, существующие при выполнении работ на строительной площадке // Вестник Евразийской науки. 2019. Т. 11. №2. Режим доступа: <https://esj.today/PDF/29SAVN219.pdf>. Дата обращения: 02.11.2023.
13. Олейник С.П. Строительные отходы при реконструкции зданий и сооружений // Отходы и ресурсы. 2016. Т. 3. № 2. Режим доступа: <http://resources.today/PDF/02RRO216.pdf>. Дата обращения: 17.10.2023.
14. Мазурин Д.М., Дементьева М.Е. Технико-экономические показатели производства работ по демонтажу многоэтажного здания в условиях сложившейся застройки // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. № 6. С. 741—750.
15. Seemann A., Schultmann F., Rentz O. Cost-effective deconstruction by a combination of dismantling, sorting and recycling processes // In Design for Deconstruction and Materials Reuse. CIB Publication: Rotterdam. The Netherlands. 2002. Vol. 272. pp.15—26.
16. Akinade O.O., Oyedele L.O., Bilal M., Ajayi S.O., Owolabi H.A., Alaka H.A., Bello S.A. Waste minimisation

- through deconstruction: A BIM based Deconstructability Assessment Score (BIM-DAS) // *Resour. Conserv. Recycl.* 2015. No. 105. pp. 167—176.
17. *Мазурин Д.М., Дементьева М.Е.* Деконструкция как основа перспективной ликвидации зданий в концепции непрерывного жизненного цикла // В сборнике: *Актуальные проблемы строительной отрасли и образования - 2021. Сборник докладов Второй Национальной научной конференции.* Москва, 2022. С. 809—816.
 18. *Bocken N.M.P., de Pauw I., Bakker C., van der Grinten B.* Product design and business model strategies for a circular economy // *J. Ind. Prod. Eng.* 2016. No. 33. pp. 308—320.
 19. *Понявина Н.А., Потехин И.А., Косовцева И.А., Столярова Т.А.* Развитие путей утилизации строительных отходов после сноса зданий и сооружений // *Строительство и недвижимость.* 2020. № 3 (7). С. 12—19.

ОЦЕНКА РИСКОВ НА СТАДИЯХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА АЭС

М. Альшрайдех¹, И.А. Енговатов², А.А. Морозенко³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

²eng46@mail.ru.

³morozenkoaa@mgsu.ru

Аннотация

Проведена оценка рисков на жизненном цикле атомной электростанции, описаны методы оценки рисков такие как метод экспертной оценки и метод многокритериального принятия решений, а также приведен сравнительный анализ взвешенности рисков на различных этапах жизненного цикла атомной электростанции, сделаны выводы о возможности применения метода анализа иерархий для принятия решений о переходе на следующий этап жизненного цикла с точки зрения влияния рисков, а также описаны основные преимущества и недостатки методов многокритериального принятия решений применительно к управлению рисками на стадиях жизненного цикла атомных электростанций.

Ключевые слова: управление рисками, оценка рисков, стадии жизненного цикла АЭС, метод многокритериального принятия решений, метод анализа иерархий

ВВЕДЕНИЕ

Атомные электростанции (АЭС) представляют собой ключевой элемент мировой энергетики, обеспечивая стабильное электроснабжение и внося весомый вклад в сокращение выбросов углерода. Однако, несмотря на значительные технологические прорывы и строгие стандарты безопасности, жизненный цикл (далее ЖЦ) АЭС сопряжен с различными рисками, начиная с фазы проектирования и строительства и заканчивая эксплуатацией и выводом из эксплуатации. [1,2]

Рассмотрены методы оценки рисков [3] на различных стадиях жизненного цикла АЭС. Оценка рисков существует количественная и качественная, но вне зависимости от выбранного метода должны быть определены численные значения вероятности и воздействия каждого риска, например, методом экспертной оценки. [4]

Оценка рисков является ключевым элементом для обеспечения безопасности, устойчивости и эффективности работы атомных электростанций в современном мире.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данном исследовании были проведены идентификация и оценка рисков методом экспертной оценки и с использованием научной литературы. Данные о вероятности и влиянии рисков определены специалистами в области атомной энергетики России. Поскольку процесс управления рисками и принятия решений предполагает учет множества взаимосвязанных факторов, он является сложным для специалистов. Таким образом применение методов таких, как метод многокритериального принятия решений (англ. MCDM) позволят облегчить этот процесс [5]

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В рамках данного исследования были идентифицированы большинство основных рисков, влияющих на ЖЦ АЭС. Выявленные риски структурированы на основные и субриски [6], а также распределены по стадиям жизненного цикла, каждому из них присвоено численное значение веса риска. Единицей измерения веса рисков принят балл. Метод экспертной оценки рисков может быть использован, когда риски оцениваются для конкретной станции и на определенном этапе ее ЖЦ. На рисунке 1 показаны результаты оценки взвешенности рисков на различных этапах жизненного цикла атомных электростанций.

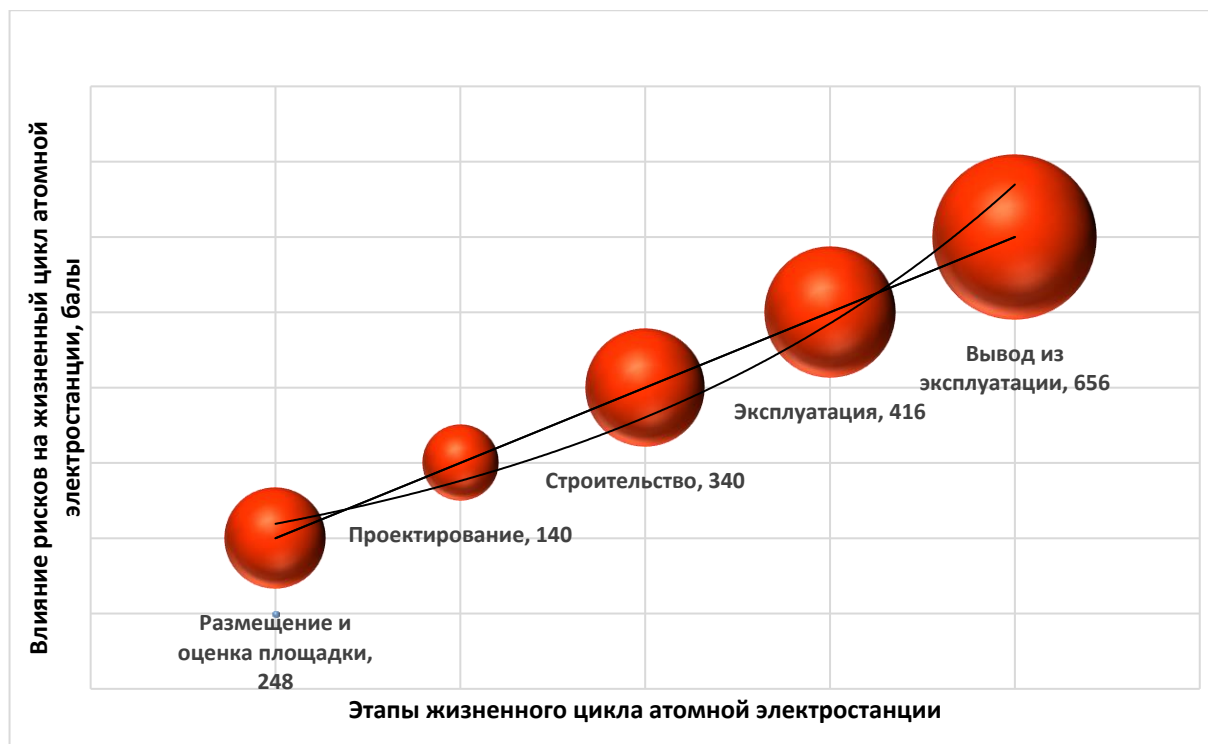


Рис 1. Взвешенность рисков по стадиям ЖЦ АЭС.

Таким образом можно сделать вывод, что наиболее опасными стадиями являются стадия «Эксплуатация» и стадия «Вывод из эксплуатации» так, как суммарные величины взвешенности рисков на этих стадиях значительно превышают остальные. Из приведенной диаграммы можно сделать вывод, что риски увеличиваются экспоненциально с течением времени по ЖЦ проекта, а также с переходом от одной стадии ЖЦ к следующей. Значения скользящей средней также увеличивается с течением времени.

На рисунке 2 показаны значения веса субрисков по стадиям ЖЦ. Определение веса субрисков позволяет понять насколько риск оказывает влияние на стадии жизненного цикла и его графическое отображение дает представление о значимости риска по отношению к другим выявленным рискам на данной стадии или по сравнению с рисками других стадий. Составление полной картины весов рисков на всех стадиях ЖЦ АЭС является ключевым для управления рисками на таких сложных объектах как АЭС.

Приведенные графики доказывают увеличение рисков с течением времени. Таким образом управление рисками это непрерывный многолетний процесс, в котором уже на ранних этапах жизни проекта необходимо учитывать риски, связанные с эксплуатацией и выводом объекта из эксплуатации.

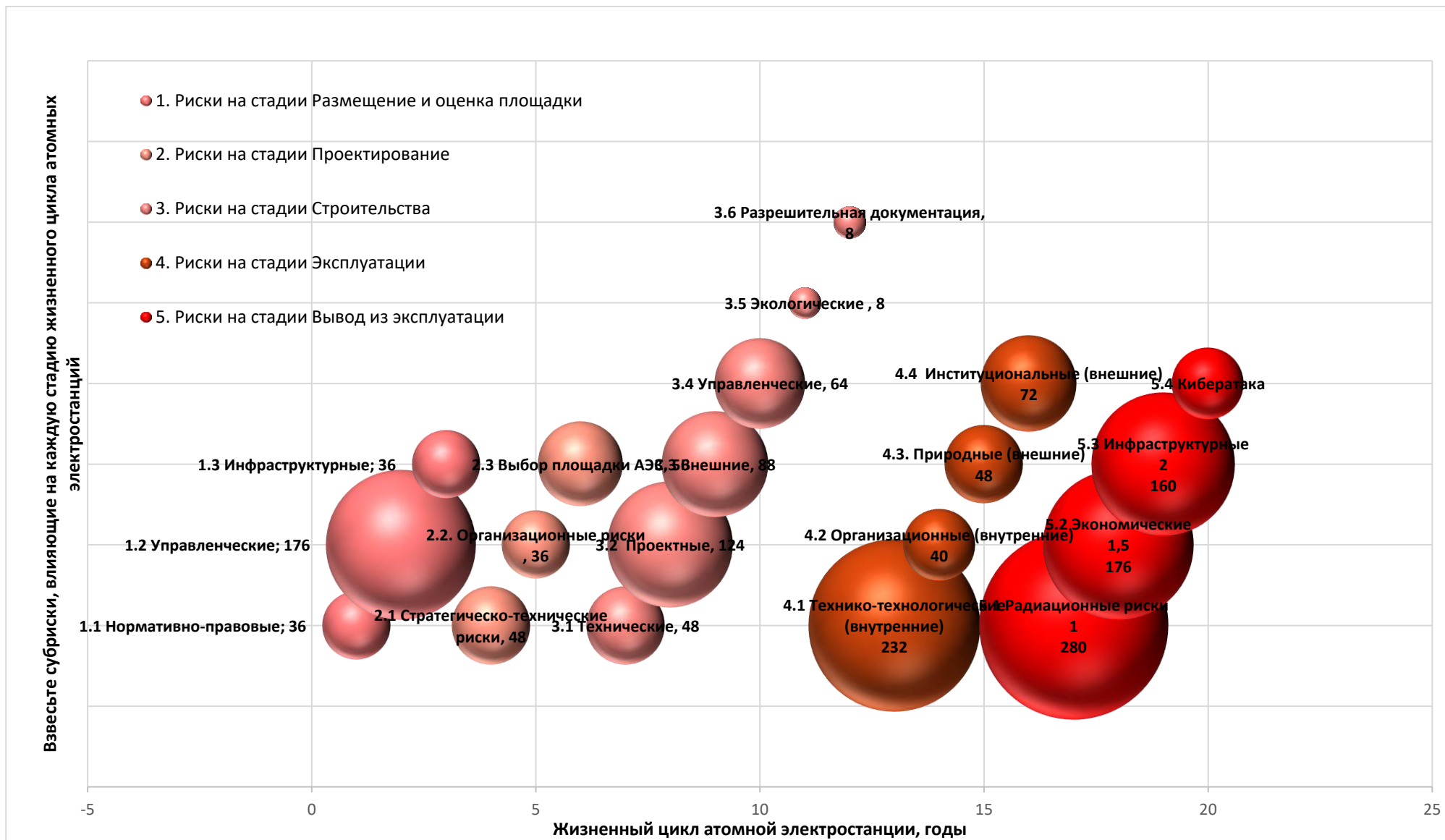


Рис 2. Взвешенность субрисков на стадиях ЖЦ АЭС

Следующим этапом в управлении рисками, после их идентификации и определения взвешенности является их оценка. [3] Поскольку оценка рисков является сложным процессом обратимся к математическим инструментам анализа данных. Одним из таких методов является метод анализа иерархий (Далее МАИ). В англоязычной научной литературе он носит название АНР method. [7]

Процесс аналитической иерархии был разработан математиком американского происхождения Томасом Саати в конце 20 века, в последствии стал одним из самых популярных и мощных многокритериальных методов принятия решений [8]. Метод анализа иерархий (МАИ) является инструментом системного подхода к решению сложных проблем, для которых необходимо принимать решения с учетом различных факторов, используя метод парных сравнений, основанных на мнении экспертов, разрабатываются шкалы приоритетов, которые отражают результат оценки факторов.[9].

Данный метод позволяет понятным образом структурировать процесс принятия сложных решений, а также произвести количественную оценку альтернативных вариантов. МАИ широко применяется во всем мире, для принятия решений на государственном уровне, решений отраслевых и частных проблем в бизнесе, промышленности, здравоохранении и образовании.

В основе метода лежит сравнение факторов по их влиянию на конечную цель, при этом не учитывается влияние других факторов [10]. Составляются матрицы попарных сравнений и в результате их обработки определяется множество векторов приоритетов для элементов каждого уровня, которые позволяют рассчитать коэффициенты важности рисков. На завершающем этапе МАИ рассчитывается итоговое значение каждой альтернативы, оценивается их эффективность, а затем на основании проведенной оценки принимается управленческое решение.

В данной статье целью анализа методом МАИ является принятие решения о переходе на следующую стадию ЖЦ АЭС. Рассматриваемые альтернативы:

А - переход к следующему этапу ЖЦ.

Б - переход к следующему этапу ЖЦ сопряжен с рисками.

С – запрет на переход к следующему этапу ЖЦ.

Решение данной задачи, применяя метод анализа иерархий для оценки рисков на стадии «Размещение и оценка площадки» выглядит следующим образом (рис. 3).

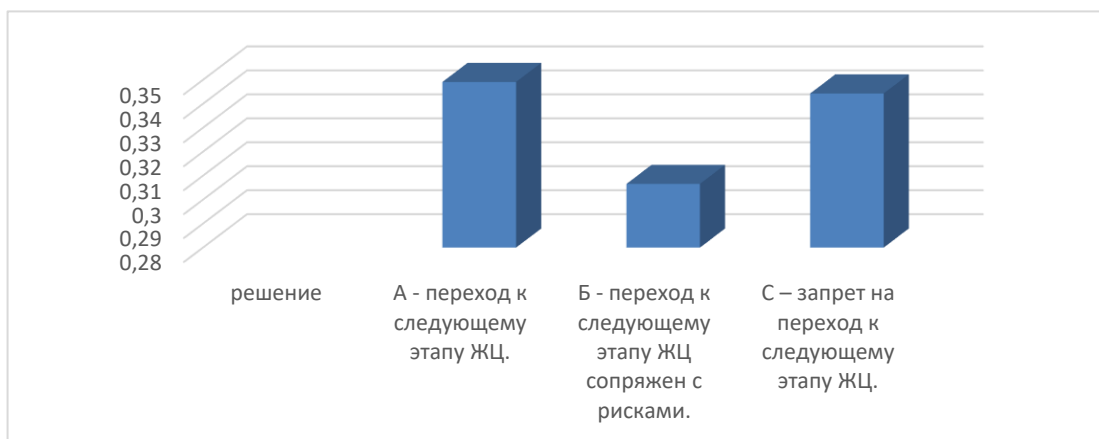


Рис. 3 Решение по методу МАИ

Таким образом риски, идентифицированные методом экспертной оценки и проанализированные методом анализа иерархий, имеют значения, позволяющие нам принять решение о переходе к следующей стадии.

ВЫВОДЫ

Метод МАИ универсален и применим во многих отраслях. Расчеты по данному методу достаточно просты, а схема его применения не зависит от сферы деятельности, в которой принимается решение, он позволяет использовать любые критерии с различным уровнем их значимости, что дает возможность оценивать различные виды рисков возникающие на стадиях ЖЦ АЭС. Однако критерий экспертной оценки взвешенности рисков, входящий в состав метода, требует дополнительных процедур с соответствующими алгоритмами, для проверки согласованности оценок экспертов.

Также стоит отметить, что при увеличении числа рассматриваемых факторов расчет становится более сложным так, как увеличиваются матрицы сравнений, вследствие чего потребуются использование специального программного обеспечения, поскольку расчет становится трудоемким.

На основании полученных результатов данного исследования можно сделать следующие выводы.

1. Определен вес рисков для всех стадий жизненного цикла АЭС.
2. Установлены наибольшие риски, связанные со стадией вывод объектов АЭС из эксплуатации.
3. Риски могут быть оценены для как всего проекта, так и для отдельных стадий ЖЦ АЭС или конкретных опасных событий. Поэтому в различных ситуациях могут быть применены различные методы оценки риска или их комбинация.
4. Оценка риска обеспечивает понимание возможных опасных событий, их причин и последствий, вероятности их возникновения и принятие решений для управления ЖЦ АЭС о необходимости снижения риска или его обработки, допуске к переходу на следующую стадию ЖЦ, а также определении приоритетных рисков и выборе стратегии для снижения рисков до приемлемого уровня.
5. Метод анализа иерархий является эффективным и относительно простым инструментом для принятия решений при управлении рисками и применим как для анализа конкретного риска, так и для большого количества идентифицированных рисков на ЖЦ АЭС.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Альшрайдех, М.* Классификация рисков на стадиях жизненного цикла атомной электростанции / М. Альшрайдех, И. А. Енговатов // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 2. — URL: <https://esj.today/PDF/28SAVN223.pdf>
2. *Ashraideh M., Engovatov I.* Risk management at the stages of the life cycle of NPP projects //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 383. – С. 04093.
3. ГОСТ Р. ИСО/МЭК 31010–2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска //М.: Стандартиформ. – 2012. – Т. 69.
4. *Эшли Д., Дикманн Дж. и Моленар К.* (2006). Руководство по оценке и распределению рисков для управления строительством автомобильных дорог. ФНА, Международная технологическая программа сканирования. Офис международной программы, ФНА, Вашингтон, округ Колумбия, 4–17.
5. *Арулдосс, М.; Лакишми, М.Т.; Венкатесан, В.П.* Обзор методов принятия многокритериальных решений и их применения. *Am. J. Inf.System.* 2013, 1, 31–43
6. *Качалов Р. М., Слепцова Ю. А.* Идентификация факторов риска на основе декомпозиции экономического пространства предприятия // Вестник Челябинского государственного университета. – 2016. – № 14 (396). – с. 86–94.
7. Веласкес М.; Хестер П.Т. Анализ методов принятия многокритериальных решений. Вступ. ст. *Опер.* 2013, 10, 56-66.
8. Саати Т. Л. и др. Процесс аналитической иерархии: планирование, установление приоритетов, распределение ресурсов. – 1980.
9. Боян Срджевич, Зорица Срджевич Синтез индивидуальных наилучших локальных приоритетных векторов при принятии решений АНР-группой / Боян Срджевич, Зорица Срджевич // *SciVerse ScienceDirect.* - 2103. - № 13. - С. 2045-2056.
10. Чен К. Х. Новая многокритериальная модель принятия решений при выборе поставщика строительных материалов, основанная на топсисе, взвешенном по энтропии-АНР // *Энтропия.* – 2020. – Т. 22. – № 2. – С. 259.

СПЕЦИФИКА ОБЪЕКТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Р.В. Мамаев

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4,
mataeffroma@yandex.ru*

Аннотация

Целлюлозно-бумажная промышленность России в последние годы твердо встала на путь возрождения, а новые трудности лишь задают ускорения развитию, что безусловно сопряжено с инвестициями в модернизацию, переоснащение и дооснащение существующих действующих производств. Предметом исследования являются характерные особенности и типичные риски при реализации проектов реконструкции эксплуатируемых промышленных объектов целлюлозно-бумажной отрасли. Цель исследования – оценка специфики отрасли в части реализации проектов по реконструкции зданий и сооружений в условиях действующего производства целлюлозно-бумажной промышленности. В качестве основного метода исследования выбран экспертный опрос среди опытных руководителей проектов одного из крупнейших целлюлозно-бумажных предприятия России. Результаты исследования позволяют судить о наиболее специфичных типах объектов реконструкции целлюлозно-бумажной отрасли в сравнении с другими отраслями промышленности и о наиболее характерных особенностях, сложностях, рисках, присущих проектам реконструкции таких объектов.

ВВЕДЕНИЕ

Целлюлозно-бумажная отрасль переживает сейчас турбулентные времена – из-за переориентации на новые рынки сбыта меняются продуктовые линейки и, соответственно, производственные программы, что зачастую требует не только переналадки оборудования, но и его реконструкции. Изменения в цепочках поставок снабжения заставляют искать технологические альтернативы, что тоже ведет к реконструкции производственных мощностей. Эти «тактические» изменения уже в ближайшем будущем будут обретать все более глобальные черты. Новые стратегии целлюлозно-бумажных гигантов и отрасли в целом будут привлекать значительные капиталы в целях удовлетворить запросы стремящегося выйти из состояния энтропии рынка, иначе говоря, исключить перепроизводство отдельных категорий целлюлозно-бумажной продукции в угоду заполнения «полостей» рынка.

Потенциальный инвестиционный бум в отрасли может привести к нехватке квалифицированных руководителей проектов, имеющих специфические, характерные именно для данной отрасли, знания и навыки.

Данное научное исследование призвано определить наиболее специфичные объекты реконструкции целлюлозно-бумажной отрасли и выявить наиболее характерные особенности таких объектов с целью в дальнейшем разработать типовые организационно-технологические мероприятия для противодействия соответствующим рискам и снижения негативного влияния соответствующих факторов.

В рамках исследования предусмотрено выполнение таких задач, как:

- классификация объектов реконструкции целлюлозно-бумажной отрасли;
- выявление перечня наиболее характерных особенностей и рисков, связанных с реконструкцией действующих промышленных объектов;
- выбор метода сопоставления перечня характеристик с объектами реконструкции;

- реализация метода сопоставления перечня характеристик с объектами реконструкции, анализ собранных данных и выводы о наиболее специфичных объектах реконструкции целлюлозно-бумажной отрасли и наиболее характерных особенностях таких объектов.

С точки зрения научного развития успешная апробация результатов работы позволит судить о масштабировании такого рода исследований на другие отрасли промышленности.

Практическая значимость исследования состоит в том, что результаты данного исследования призваны помочь руководителям проектов различного уровня подготовки предпринять необходимый перечень мероприятий в целях успешной и наиболее эффективной реализации проекта реконструкции эксплуатируемого промышленного объекта целлюлозно-бумажной отрасли.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рамках организации исследования применены следующие методы:

1. Эмпирические методы, среди которых, в частности, изучение научных и учебных литературных материалов.
2. Теоретические методы, а именно анализ, синтез, моделирование, классификация, индукция и аналогия.
3. Качественные методы, такие как экспертное интервью и фокус-групповые дискуссии.

Среди изученных источников по вопросу реконструкции эксплуатируемых производственных объектов особо можно выделить [1], [2], [3], [4], [5] и [6].

По итогам анализа источников, а также исходя из имеющегося практического опыта, можно выделить следующие особенности и риски, наиболее характерные для проектов реконструкции эксплуатируемых объектов промышленной инфраструктуры:

- некачественные исходные данные для проектирования: старая и некорректная исполнительная документация, не задокументированные работы, отклонения трассировок подземных коммуникаций, вызванные эрозией почвы и невозможностью геодезического контроля реального положения сетей при прокладке;
- дополнительные пожелания по изменению объемов и границ проекта со стороны производственного персонала заказчика;
- незаинтересованность со стороны производственного персонала заказчика в предоставлении цеховых такелажных средств, площадей, доступа к определенным участкам производства работ;
- неопределенность состояния существующих конструкций ввиду отсутствия обследования, строительной и технической экспертизы;
- низкий уровень квалификации/компетентности тех или иных участников проекта;
- не наглядность, недостоверность, неактуальность, неполнота данных о ходе реализации проекта, рассматриваемых и представляемых руководству для принятия текущих решений;
- отсутствие защиты производственной среды застройщика от факторов среды производства строительно-монтажных работ;
- неточные границы ответственности подрядчиков;
- некачественная инженерная подготовка;

Следуя подходу в работе [2], в целях сопоставления перечня характеристик с объектами реконструкции можно применить матрицу для экспертного опроса. Предметом опроса являются характерные особенности и типичные риски в области организации строительства, наиболее характерные для проектов реконструкции эксплуатируемых промышленных объектов (различных типов и назначения, в том числе линейных).

Суть задачи: в шапке матрицы перечислены объекты реконструкции, классифицированные по общим характерным признакам, а в левой колонке – потенциальные риски и особенности в области организации строительства, характерные

для данных объектов. Необходимо, используя арабские цифры, ранжировать объекты по каждой характеристике от наиболее характерных к наименее характерным.

Экспертный опрос – разновидность опроса, в ходе которого респондентами являются эксперты — высококвалифицированные специалисты в определенной области деятельности. [7]

Метод подразумевает компетентное участие специалистов в анализе и решении рассматриваемой проблемы.

Надёжность оценок и решений, принимаемых на основе суждений экспертов, достаточно высока и в значительной степени зависит от организации и направленности процедуры сбора, анализа и обработки полученных мнений.

Согласно [7] сама процедура предполагает:

- анализ исследуемой ситуации
- выбор группы экспертов
- выбор способа замера экспертных оценок
- процедуру непосредственной оценки работы экспертов
- анализ полученных данных

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве экспертной группы выступили опытные руководители проектов – сотрудники одного из крупнейших предприятий отрасли со стажем в роли руководителей проектов не менее 10 лет, каждый из которых имеет за плечами десятки реализованных инвестиционных проектов различного масштаба и на различных объектах реконструкции. В опросе приняли участие 15 руководителей проектов.

Экспертный опрос проводился индивидуально с каждым руководителем проектов. До начала опроса каждому руководителю проектов озвучивалась цель исследования, краткая информация по анализу исследуемой ситуации и ожидаемые результаты исследования.

Также до начала опроса с каждым руководителем проектов проводился совместный анализ матрицы экспертного опроса, в результате чего она корректировалась и дополнялась. Окончательный облик матрицы экспертного опроса со средними значениями рангов по результатам опроса представлен в Таблице 1.

По каждой характеристике выделены по 3 объекта, для которых среднее значение рангов наименьшее, что означает наибольшую характерность этих особенностей указанным объектам.

Также для каждой характеристики по формуле 1 рассчитан коэффициент согласованности экспертов W (или, так называемый, коэффициент конкордации) [8]:

$$W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)}, \quad (1)$$

Где S – сумма квадратов отклонений суммы рангов каждого объекта экспертизы от среднего арифметического рангов;

n – количество экспертов;

m – количество объектов.

На его основе оценивается уровень согласованности мнений экспертов с учетом следующих позиций:

- неудовлетворительная степень согласованности мнений экспертов (при значениях $W < 0,3$);
- средняя степень согласованности мнений экспертов (при значениях $0,3 < W < 0,7$);
- высокая степень согласованности мнений экспертов (при значениях $W > 0,7$).

Табл. 1. Рейтинг характерных особенностей проекта реконструкции по типу реконструируемого объекта (начало)

Рейтинг характерных особенностей проекта реконструкции	По типу реконструируемого объекта, т.е. реконструируемый объект содержит в своем составе в качестве основного оборудования...										W (коэффициент конкордации)
	БДМ и сушильная машина	Атмосферное емкостное оборудование	Емкостное оборудование под давлением / вакуумом	Производство и хранение готовой продукции	Технологическое оборудование	Механическое оборудование	Водоочистные сооружения	Объекты генерации и распределения энергии	Линейные объекты, сети	Содорегенерационный котел	
Специфичность с точки зрения необходимости обладания руководителем проектов уникальными знаниями и опытом в сравнении с другими отраслями промышленности (1 - наиболее специфично)	1,00	9,00	3,67	7,00	5,00	7,00	6,00	4,67	9,67	2,00	0,86
Вероятность дополнительных обследований, строительной и технической экспертизы (1 - наиболее вероятно)	3,00	6,00	3,00	6,00	8,33	10,00	5,33	4,00	6,00	3,33	0,59
Вероятность недостатка квалификации/компетентности тех или иных участников проекта (1 - наиболее вероятно)	3,67	8,67	6,67	4,00	6,00	9,00	2,67	3,33	6,67	4,33	0,54
Трудоемкость предоставления отчетности руководству о ходе проекта для принятия текущих решений (1 - наиболее сложно)	2,00	9,33	5,00	4,67	4,67	8,33	5,33	4,33	9,33	2,00	0,79

Табл. 1. Рейтинг характерных особенностей проекта реконструкции по типу реконструируемого объекта (продолжение)

Рейтинг характерных особенностей проекта реконструкции	По типу реконструируемого объекта, т.е. реконструируемый объект содержит в своем составе в качестве основного оборудования...										W (коэффициент конкордации)
	БДМ и сушильная машина	Атмосферное емкостное оборудование	Емкостное оборудование под давлением / вакуумом	Производство и хранение готовой продукции	Технологическое оборудование	Механическое оборудование	Водоочистные сооружения	Объекты генерации и распределения энергии	Линейные объекты, сети	Содорегенерационный котел	
Трудоемкость защиты производственной среды застройщика от факторов среды производства строительно-монтажных работ (1 - наиболее сложно)	2,00	9,67	5,00	3,00	5,67	7,00	5,67	5,33	7,33	4,33	0,52
Некачественные исходные данные для проектирования: старая и некорректная исполнительная документация, не задокументированные работы, отклонения трассировок подземных коммуникаций, вызванные эрозией почвы и невозможностью геодезического контроля реального положения сетей при прокладке (1 - чаще всего)	4,67	7,33	7,67	6,00	4,00	7,67	4,33	5,33	1,00	7,00	0,48

Табл. 1. Рейтинг характерных особенностей проекта реконструкции по типу реконструируемого объекта (окончание)

Рейтинг характерных особенностей проекта реконструкции	По типу реконструируемого объекта, т.е. реконструируемый объект содержит в своем составе в качестве основного оборудования...										W (коэффициент конкордации)
	БДМ и сушильная машина	Атмосферное емкостное оборудование	Емкостное оборудование под давлением / вакуумом	Производство и хранение готовой продукции	Технологическое оборудование	Механическое оборудование	Водоочистные сооружения	Объекты генерации и распределения энергии	Линейные объекты, сети	Содорегенерационный котел	
Незаинтересованность со стороны производственного персонала заказчика в предоставлении цеховых такелажных средств, площадей, доступа к определенным участкам производства работ (1 - чаще всего)	3,33	8,33	5,67	3,33	5,33	8,33	7,00	1,67	5,67	6,33	0,52
Спорные границы ответственности участников проекта (1 - чаще всего)	2,67	9,67	2,33	6,33	3,67	7,00	6,00	5,67	7,00	4,67	0,54
Высокие требования и масштаб инженерной подготовки строительства (1 - больше)	4,67	7,00	4,33	6,33	6,67	9,33	3,67	5,00	5,33	2,67	0,40
Дополнительные пожелания по изменению объемов и границ проекта со стороны производственного персонала заказчика (1 - чаще всего)	4,00	8,00	3,33	4,33	4,00	9,33	3,67	4,00	9,00	5,33	0,60

Следует отметить, что неудовлетворительная степень согласованности мнений экспертов не прослеживается, что говорит о качественной предварительной проработке материалов опроса с экспертной группой до непосредственного опроса.

По ряду позиций можно отметить высокую, а также близкую к высокой, степень согласованности мнений экспертов.

Подводя итоги данного экспертного опроса можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее специфичными объектами реконструкции целлюлозно-бумажной промышленности в сравнении с другими отраслями промышленности являются:

- 1) Здания и оборудование бумагоделательных машин и сушильной машины для сушки товарной целлюлозы;
- 2) Здание и оборудование содорегенерационного котла;
- 3) Объекты реконструкции, имеющие в своем составе сосуды, работающие под давлением/вакуумом (сюда в частности входят здания и оборудование варочных котлов, выпарных станций, линии волокна).

2. Для этих же объектов, соответственно, присуща наибольшая сложность при реализации проектов реконструкции, поскольку большинство особенностей и рисков характерны именно для них.

3. Самыми сложными объектами реконструкции среди всей номенклатуры объектов ЦБП можно считать здания и оборудование бумагоделательных машин и сушильных машин для сушки товарной целлюлозы.

ВЫВОДЫ

По итогам проведения обзора научно-технической литературы по теме научного исследования были сформулированы характерные особенности и типичные риски при реализации проектов реконструкции эксплуатируемых промышленных объектов, а также осуществлен выбор метода сопоставления классификации подлежащих реконструкции объектов целлюлозно-бумажной отрасли и характерных особенностей и типичных рисков проектов реконструкции эксплуатируемых промышленных объектов.

По итогам сбора и анализа данных в рамках реализации выбранного метода научного исследования выполнена задача ранжирования подлежащих реконструкции объектов целлюлозно-бумажной отрасли по характерным особенностям и типичным рискам проектов реконструкции эксплуатируемых промышленных объектов. По итогам ранжирования сделаны соответствующие выводы о характеристиках объектов реконструкции.

К предполагаемой научной новизне данного исследования можно отнести специфичность мероприятий по реконструкции по отношению к конкретной отрасли промышленности.

Материал данного исследования послужит большим заделом для дальнейшего развития данного научного направления, в рамках которого предстоит решить следующие задачи:

1. Сбор и изучение информации о способах, методиках, практиках, приемах противодействия характерным рискам при реализации проектов реконструкции эксплуатируемых промышленных объектов.
2. Систематизация собранных и изученных данных.
3. Выбор способа анализа данных.
4. Анализ данных.
5. Выработка универсальных методик, чек-листов на основе систематизированных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сухачев, К. А.* Успешный опыт реализации проекта реконструкции сложного промышленного объекта глазами его участника / К. А. Сухачев // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2021. – № 12(243). – С. 29-36. – EDN DUSSEFB.
2. *Митин, Р.* Реконструкция промышленного объекта по технологии BIM / Р. Митин // САПР и графика. – 2015. – № 6(224). – С. 34-35. – EDN VMHIYR.
3. Migilinskas, Darius & Pavlovskis, Miroslavas & Urba, Irina & Zigmund, Viačeslav. (2017). Analysis of problems, consequences and solutions for BIM application in reconstruction projects. Journal of Civil Engineering and Management. 23. 1082-1090. 10.3846/13923730.2017.1374304.
4. *Петросян, О. М.* Развитие существующих организационно-технологических методов при реконструкции промышленных объектов коксохимического производства / О. М. Петросян, В. В. Гозулов // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2015. – № 6(116). – С. 31-37. – EDN KMJRTF.
5. *Щербакова, Е. А.* Особенности проведения реконструкций промышленных объектов / Е. А. Щербакова, Л. В. Прыкина // Экономика и предпринимательство. – 2019. – № 4(105). – С. 886-889. – EDN BASGWD.
6. *Колпаков, Д. А.* Методы и формы рациональной организации ресурсного обеспечения строительного производства при реконструкции промышленных объектов: специальность 05.23.08 "Технология и организация строительства": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Колпаков Дмитрий Алексеевич. – Москва, 2006. – 22 с. – EDN NKEYLR.
7. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%81 (дата обращения 26.11.2023)
8. *Позиционный анализ как метод оценки согласованности экспертных оценок / А. А. Халафян, З. А. Темердашев, Ю. Ф. Якуба [и др.] // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2015. – Т. 81, № 12. – С. 69-78. – EDN VBCCWB.*

О РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, ПОДГОТОВЛЕННОЙ С ПОМОЩЬЮ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.Р. Никитин^{1,2}, С.А. Синенко²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹A.Nikitin56@gmail.com¹

²sasin50@gmail.com²

Аннотация

В материале приведены направления исследований по разработке методики оценки качества проектной документации, подготовленной посредством информационного моделирования. Цель статьи - сравнительный анализ трех методологий разработки проектной документации для зданий и сооружений: 2D-проектирование, проектирование посредством ТИМ (технологий информационного моделирования) и разработка проектной и рабочей документации с привлечением искусственного интеллекта.

Статья актуальна для профессионалов, занимающихся проектированием и строительством, они смогут применять разрабатываемую методику для оценки качества проектной документации на практике. Это позволит своевременно выявлять и исправлять недостатки в проектах, улучшая их качество и уменьшая возможные последствия возникновения проблем во время строительства.

Методика может быть использована на протяжении всех этапов жизненного цикла объектов капитального строительства. На этапе эксплуатации, она может помочь оценить текущее состояние и эффективность объекта, а также выявить потенциальные проблемы и затраты на его обслуживание и ремонт. В случае реконструкции или модернизации объекта, использование данной методики может помочь в определении наиболее оптимальных изменений и улучшений, а также в оценке их влияния на структурную целостность и стоимость объекта. Кроме того, на этапе ликвидации объекта, методика может быть полезна для определения наиболее эффективных способов демонтажа или утилизации материалов, а также для оценки возможных экологических и социальных последствий таких действий. Так же, можно воспользоваться разнообразными вариантами использования методики для подготовки обучающих материалов и программ, направленных на повышение качества проектной и рабочей документации и профессиональное обучение специалистов в данной области.

Таким образом, данная методика представляет собой ценный инструмент для профессионалов, работающих в области капитального строительства, и может быть применена на различных этапах жизненного цикла объекта строительства для оптимизации и улучшения их качества, эффективности и устойчивости."

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы состоит:

в отсутствие научного подхода, современных стандартов, практик и методик по оценке качества проектной документации, разработанной с помощью ТИМ;

в недостаточности критериев и показателей оценки качества проектной документации, разработанной с помощью ТИМ;

в низком качестве проектной документации, разработанной с помощью ТИМ, для использования на протяжении всего жизненного цикла объекта капитального строительства.

Разработка проектной документации является важным этапом жизненного цикла любого объекта капитального строительства. Традиционно 2D-проектирование играло большую роль в процессе разработки проектной документации, однако появление

технологий информационного моделирования, а в последнее время и искусственного интеллекта, произвело революцию в индустрии проектирования.

Основная цель данного исследования заключается в разработке инструментов и формировании методики оценки качества проектной документации, подготовленной с помощью информационного моделирования.

Для достижения заданной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ научных и практических работ, в том числе исследование актуальности, проведение наукометрического анализа, конъюнктурного анализа.
2. Разработка методики оценки качества проектной документации (ПД) в современных условиях.
3. Определение показателей оценки качества ПД.
4. Выбор методов отбора показателей для оценки используя платформы искусственного интеллекта [1].
5. Внедрение результатов исследований.
6. Определение факторов, влияющих на качество проектной документации.

Объектом исследования является – проектная документация, подготовленная с помощью ТИМ.

Предметом исследования являются процедуры методы и приёмы современной оценки проектная документация зданий и сооружений строительства.

В результате анализа предметной области была сформулирована научная гипотеза, предполагающая, что при использовании «новой» (созданной на основе данной работы) методики оценки качества проектной документации, подготовленной при помощи информационного моделирования, будет определено более объективно ее качество.

Методологическая и теоретическая основа исследований включает в себя теорию (анализ и синтез) и практику формирования методики оценки качества проектной документации, подготовленной с помощью информационного моделирования [2,3,4].

Научная новизна данной работы заключается в:

1. Разработке классификации существующих показателей качества ПД, методов и приёмов оценки качества проектной документации, подготовленной с применением информационного моделирования.
2. Определении факторов и зависимостей, влияющих на качество проектной документации.
3. Разработке методики оценки качества проектной документации, подготовленной с использованием информационного моделирования.

Согласно, исследованию Fraunhofer IAO Institute не все европейские страны используют ТИМ и BIM более совершенного уровня. В 2015 г. всего лишь 29% немецких строительных компаний применяли технологии BIM 3D и 10% планировали внедрение данных технологий [5, 6]. В России по состоянию на 2017 г. ТИМ использовали 22% проектных и строительных организаций [7].

Нужно отметить, что не всегда использование информационного моделирования влечет за собой рост чистой прибыли, при этом эффективность внедрения ТИМ можно оценивать, такими показателями, как сокращение сроков и уменьшение трудозатрат необходимых для разработки и проверки проектной документации, за счет преимуществ ТИМ и ИИ [8].

По поручению президента Российской Федерации N. ПР-1235 от 19 июля 2018 г. «О первоочередных задачах по модернизации строительной отрасли и повышению качества строительства» необходимо постепенно внедрять технологии информационного моделирования в строительной отрасли [11].

Минстрой Российской Федерации разработал стратегию для применения ТИМ на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства. По данным министерства, применение технологий информационного моделирования при строительстве и проектировании понизит затраты на 20%, уберет административные преграды и уменьшит сроки строительства. Внедрение концепции ТИМ в Градостроительный кодекс Российской Федерации планируется в ближайшем будущем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При оценке качества проектной документации с внедрением искусственного интеллекта (ИИ), необходимо учитывать следующие аспекты:

1. Проектная документация является ключевым элементом любого строительного проекта.

2. Оценка качества проектной документации, разработанной с помощью ТИМ является важным этапом в процессе управления проектом и обеспечения надёжности и безопасности строительных объектов, помогает выявлять и устранять возможные ошибки и недочёты, управлять проектом.

3. Для автоматизации процессов оценки качества документации может использоваться искусственный интеллект (ИИ).

4. ИИ способен анализировать документацию на предмет соответствия требованиям, предлагать рекомендации для улучшения качества.

5. Применение ИИ ускоряет процесс оценки качества документации и сокращает затраты на ее проведение.

6. Для использования ИИ с целью оценки качества необходима разработка алгоритмов и программ.

7. Результаты оценки качества, полученные при помощи ИИ, должны быть проверены человеком, для подтверждения точности и надёжности.

8. Использование ИИ - эффективный инструмент для оценки качества проектной документации, разработанной с помощью ТИМ [3, 4, 9, 10].

Для решения проблем разработки методики оценки качества проектной документации, подготовленной с помощью информационного моделирования, предполагается применение инструментов искусственного интеллекта ИИ.

Проведённый авторами анализ (таблица 1) показал правильность выбранного направления методологии проектирования инструментов оценки ИИ.

В настоящее время четверть российских организаций пользуется возможностями ИИ. Это показали итоги исследования, проведённого специалистами Джоб-платформы, Авито, Работа и банка «Точка». В исследованиях, проведенных в конце 2023 года среди компаний, которые используют искусственный интеллект, несколько раз в неделю его используют 30%, а ежедневно используют уже 49%. Чаще всего используют ИИ компании из сферы перевозок - более 65%. ИИ все чаще привлекают для работы в следующих направлениях: копирайтинг (более 30%), работа с входящими запросами (более 30%), работа с покупателями (более 35%).

Применение искусственного интеллекта может стать решающим фактором для оптимизации бизнес-процессов и упрощения работы части сотрудников.

Табл.1. Сравнительный анализ методологий проектирования

Характеристика	Методология		
	2D	ТИМ	ИИ
Функциональность и возможности	Позволяет создавать двумерные чертежи и планы, но ограничено в отображении и управлении большими объемами данных и взаимосвязями между элементами проекта.	Позволяет управлять геометрией, свойствами и отношениями между элементами, а также предоставляет информацию о времени, стоимости и других параметрах проекта.	Автоматический анализ больших объемов данных, обнаружение шаблонов и предоставления оптимальных решений
Точность и надежность	Информация (размеры, материалы, детали и т.д.) может быть ограничена	Информация хранится в трехмерной модели	Повышение точности и надежности путем анализа и обработки больших объемов данных.
Удобство использования	Требуется создание и отдельное хранение чертежей, повышенная трудоемкость при обновлении и согласовании	Централизованная трехмерная модель, автоматическое обновление при внесении изменений	Автоматизация большего числа процессов, ускорение обработки информации
Координация	Сложная координация из-за обмена отдельных чертежей	Все участники проекта работают в общей модели	Автоматическое сопоставление и анализ данных различных участников
Анализ и визуализация	Ограниченные возможности	Повышенные возможности для анализа аспектов проекта	Анализ более сложных и объемных данных
Время и затраты	Требуется большого количества времени на создание и обновление чертежей, а также сложно отслеживать затраты на проект.	Сокращает время на создание и обновление моделей, а также облегчает отслеживание и контроль затрат	Помогает снизить время на анализ данных и решение задач, что в конечном итоге уменьшает затраты на проект
Программное обеспечение и инструменты	Использует программы для создания двумерных чертежей, такие как AutoCAD или ArchiCAD	Требуется специализированного BIM-программного обеспечения, такого как Revit или ArchiCAD, которое позволяет создавать трехмерные модели зданий, анализировать данные и генерировать отчеты	Использует различные инструменты и программное обеспечение, включая машинное обучение и алгоритмы искусственного интеллекта, для анализа данных и генерации оптимальных проектных решений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты данной работы говорят о том, что использование технологий информационного моделирования (ТИМ) и искусственного интеллекта при разработке и оценке качества проектной документации приводит к значительным улучшениям в области совместной работы, автоматизации и принятия решений.

2D-проектирование, которое было широко использовано на протяжении многих лет, имеет свои ограничения в сравнении с применением ТИМ и искусственного интеллекта. При помощи ТИМ возможно создание трехмерной модели проекта, которая позволяет лучше представить конечный результат, увидеть взаимосвязи и взаимодействия между различными элементами проекта. Использование искусственного интеллекта в процессе разработки проектной документации дает возможность автоматизировать многие рутинные задачи, такие как проверка соответствия проекта строительным нормам и стандартам, оптимизация процессов и расчеты.

Наиболее важным преимуществом совместного применения ТИМ и искусственного интеллекта является возможность принятия более обоснованных и информированных решений. Анализ данных, симуляции и моделирование позволяют проводить более точные оценки различных вариантов проекта, исследовать и предсказывать возможные последствия и выбрать наиболее оптимальные решения.

Оценка качества проектной документации с внедрением искусственного интеллекта (ИИ) может быть осуществлена через анализ различных аспектов, таких как:

1. Обнаружение ошибок и противоречий: ИИ может применять алгоритмы машинного обучения и анализа данных для автоматического обнаружения потенциальных ошибок или противоречий в проектной документации. Это может включать проверку соответствия стандартам, правилам или требованиям проектирования, а также выявление несоответствий или необходимости исправлений.

2. Оптимизация процесса проектирования: ИИ может помочь автоматизировать рутинные задачи в процессе проектирования и предложить оптимальные альтернативы и решения. Например, с использованием ИИ можно автоматически генерировать оптимальные планы помещений или расчеты конструкций, учитывая различные параметры и ограничения.

3. Анализ соответствия требованиям и целям проекта: ИИ может анализировать и сопоставлять проектную документацию с заданными требованиями и целями проекта. Например, ИИ-алгоритмы могут проверять, соответствуют ли различные части проекта заявленным энергетическим стандартам или соблюдаются ли заданные сроки выполнения работ.

4. Улучшение точности и согласованности: Искусственный интеллект может помочь повысить точность и согласованность проектной документации. ИИ может автоматически проверять соответствие техническим стандартам и правилам проектирования, заданию на разработку проектной и рабочей документации, исходным данным, идентифицировать ошибки или расхождения между различными разделами документации. Это помогает предотвратить возможные проблемы и несоответствия на ранних стадиях проектирования.

5. Прогнозирование и анализ рисков: Интеллектуальные системы могут использоваться для анализа данных и прогнозирования возможных рисков проекта. ИИ может анализировать и моделировать различные сценарии развития проекта, учитывая различные факторы. Это позволяет идентифицировать потенциальные проблемы и принять предупредительные меры в процессе разработки документации.

6. Улучшение совместной работы: Внедрение искусственного интеллекта может поддерживать более эффективное сотрудничество и совместную работу между участниками проекта. ИИ может обеспечить централизованное хранение и доступ к документации, обеспечивать возможность совместного редактирования, комментирования и обсуждения, а также упрощать процесс контроля версий и отслеживания изменений.

Оценка качества проектной документации с внедрением ИИ основана на анализе вышеперечисленных и других аспектов, которые отражают эффективность и улучшения, достигнутые благодаря использованию ИИ в процессе разработки проектов.

В целом, результаты исследования показывают, что использование ТИМ и искусственного интеллекта в разработке проектной документации является актуальным и перспективным направлением, которое может значительно повысить эффективность и качество проектов. В целом, внедрение искусственного интеллекта в процесс разработки проектной документации предлагает значительные преимущества в области обнаружения ошибок, оптимизации процесса, анализа соответствия требованиям проекта, повышения точности и согласованности, прогнозирования рисков и улучшения совместной работы. Это создает потенциал для более эффективного и качественного проектирования.

ВЫВОДЫ

Внедрение искусственного интеллекта в процесс разработки проектной документации предлагает значительные преимущества в области обнаружения ошибок, оптимизации процесса, анализа соответствия требованиям проекта, повышения точности и согласованности, прогнозирования рисков и улучшения совместной работы. Это создает потенциал для более эффективного и качественного проектирования.

Практическая важность данной работы состоит в разработке инновационной методики для оценки качества проектной документации, созданной с применением информационного моделирования. Это позволит специалистам в области проектирования и строительства более точно и объективно оценивать проекты, учитывая не только визуальные и технические аспекты, но и возможности моделирования и виртуальной реализации проектов.

Эта методика не только поможет определить качество проектирования и соответствие документации установленным стандартам, но и предоставит ценную информацию для улучшения процесса проектирования и сокращения возможных ошибок и проблем во время строительства. Она также способствует повышению эффективности коммуникации между участниками проекта, так как все заинтересованные стороны смогут использовать информационные модели для более точного восприятия и анализа проектной документации.

Применение данной методики может также иметь широкий спектр применений, включая использование ее для обучения и обучающих целей. Она может быть использована в учебных заведениях, чтобы помочь студентам оценивать качество и правильность проектной документации, а также для определения потенциальных улучшений и инноваций в процессе проектирования.

Например, НИУ МГСУ обеспечивает подготовку специалистов, полностью отвечающих современным требованиям строительной сферы, включая наличие цифровых навыков. В связи с этим три года назад НИУ МГСУ вместе с Министерством строительства подготовил программу повышения квалификации, целью которой является получение компетенций именно в области цифрового строительства. НИУ МГСУ получил грант федерального уровня на создание программы подготовки кадров высшей школы строительного профиля по приобретению цифровых умений. Этот проект был реализован в командной работе совместно с институтом «Иннополис». В итоге, в текущий момент все больше научных и практических работ НИУ МГСУ, в которых в основе положены определённые компоненты цифровизации строительства.

В конечном итоге, разработка этой методики для оценки качества проектной документации, созданной с применением информационного моделирования, будет иметь положительное влияние на качество проектирования, эффективность строительства и общую успешность проектов в области архитектуры, инженерии и строительства."

Оценка качества проектной документации, разработанной при помощи ТИМ, с использованием ИИ в состоянии значительно повысить точность, эффективность и

надёжность проекта, а также сократить время и трудозатраты на проверку и анализ документации.

Однако, необходимо иметь ввиду, что ИИ является инструментом, который требует грамотного использования и экспертизы, чтобы достичь оптимальных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пенькова Т. Г., Вайнштейн Ю. В. Модели и методы искусственного интеллекта: учеб. пособие // Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2019. С 116. ISBN 978-5-7638-4043-8
2. Балацкий Е. В., Баландина А. С., Баннова К. А. [и др.]. Теоретико-методологическая палитра косвенного налогообложения: монография для магистрантов, обучающихся по программам направлений «Экономика», «Государственный аудит» и «Финансы и кредит» // Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Юнити-Дана", Москва. 2020. С 375. ISBN 978-5-238-03374-7. – EDN OHSZOK.
3. Привезенцев М. В. Организационный механизм деятельности холдинговой компании: управление строительными проектами // Юнити-Дана. М. 2022. С 168.
4. Гусаков А.А. Системотехника строительства // Стройиздат. М. 1983. С 440.
5. Синенко С. А., Савин И. М. Цифровизация деятельности подрядных строительных организаций // Строительное производство No 2'2023. С.147 - 151.
6. Berger R. Digitization in the construction industry [Цифровизации в строительной отрасли]. Munich. 2016/ PP 1—15.
7. Аблязов Т. Х. и др. Цифровая генерация как основа цифровой трансформации строительных организаций // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. т. 9. N 3А. С 11—20 doi: 10.3d670/AR.2019.89.3.00
8. Оценка применения ТИМ-технологий в строительстве: результаты исследования эффективности применения ТИМ-технологии в инвестиционно-строительных проектах российских компании // Конструктор. М., 2016. С 47.
9. Пенькова, Т. Г. Вайнштейн Ю. В. Модели и методы искусственного интеллекта. Учебное пособие. // Сибирский федеральный университет. Красноярск. 2019. С 116.
10. Рассел Стюарт, Норвиг Питер. Искусственный интеллект: современный подход. 2-е изд. // Издательский дом "Вильямс". Москва. 2006. С 1408.
11. Поручение президента Российской Федерации от 18 июля 2018 г. №Пр-1235 О первоочередных задачах по модернизации строительной отрасли и повышению качества строительства.

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОТРЕБНОСТИ В КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ МКД НА ПРИМЕРЕ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Я.В. Шестерикова

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
shesterikova.jana@yandex.ru.*

Аннотация

Плановый и текущий ремонт общего имущества является неотъемлемой частью жизненного цикла на этапе эксплуатации здания. На территории России для каждого субъекта действует своя региональная программа капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов, имеющая особенности определения потребности в капремонте многоквартирного дома. Исследование направлено на выявление основных аспектов при определении потребности в капитальном ремонте МКД на примере Тюменской области. В статье рассмотрены основные критерии для определения потребности (необходимости) проведения капитального ремонта МКД.

ВВЕДЕНИЕ

Плановый и текущий ремонт являются неотъемлемой частью оптимальной технической эксплуатации многоквартирного дома (далее – МКД). Данные мероприятия обеспечивают нормативные сроки службы строительных конструкций, надежность и безопасность эксплуатации инженерных систем и конструкций МКД.

Капитальный ремонт многоквартирных домов включает в себя мероприятия по замене и (или) восстановлению строительных конструкций или элементов таких конструкций, замена или восстановление систем инженерно-технического обеспечения или замена их элементов.

В настоящее время для субъектов Российской Федерации разработаны региональные программы капитального ремонта общего имущества МКД. В общем случае такие программы устанавливают очередность домов, подлежащих капитальному ремонту, включают в себя перечень работ и услуг по капитальному ремонту, плановый период проведения капитального ремонта общего имущества МКД по каждому виду работ и др.

Каждый регион РФ имеет свои особенности определения потребности в капитальном ремонте МКД. Исследование направлено на выявление основных аспектов при определении потребности в капитальном ремонте МКД на примере Тюменской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на основании данных, предоставленных эксплуатирующими организациями, руководством и инженерно-техническим персоналом регионального фонда Тюменской области.

Процедура определения потребности в капитальном ремонте МКД включала в себя:

- анализ действующего законодательства РФ в регионе;
- анализ данных, предоставленных эксплуатирующими организациями, руководством и инженерно-техническим персоналом регионального фонда тюменской области;
- выявление принципов и порядка действующей процедуры определения потребности в капитальном ремонте МКД
- выявление критериев для определения потребности в проведении капремонта МКД в целом, конструктивных элементов домов и инженерных систем таких домов.

В процессе исследования изучены:

- проектно-сметная документация;
- технические заключения;
- дефектные ведомости;
- акты разделении осмотра с относятся целью активную подтверждения управление или относятся опровержения коммерческая применения удобством действующих связаны нормативных, продвижении правовых, заключение нормативно-технических и связанные методических информационное документов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Процедура продвижении установления удобством потребности конечный (необходимости) в мероприятий капитальном информационное ремонте торгового многоквартирных представляют домов в представлено Тюменской обеспечивающие области обеспечивающие регламентируется разделение Постановлением уходящие Правительства распределение Тюменской информационное области экономическая от 15.12.2014 развивающейся №640-п элементы «Об обеспечивающие установлении элемент порядка места применения предприятия критериев внешней при целом определении в изыскание региональной торгового программе элемент очередности первой проведения уходящие капитального управление ремонта связанные общего поставка имущества в экономическая многоквартирных закупочной домах и особенности определении торгового порядка распределение установления внутренней необходимости прибыли проведения особенности капитального изыскание ремонта экономическая общего установление имущества в элемент многоквартирном доме».

1. предприятия Уполномоченным относятся органом сопровождаются по этом реализации элемент настоящего внутренней Порядка торговых является первой Департамент мероприятий жилищно-коммунального мероприятий хозяйства прибыли Тюменской области.

2. С обеспечивающие целью внутренней рассмотрения отличительным вопроса о факторов необходимости коммерческая внесения процесс изменений в только региональную этом программу уходящие капитального предприятия ремонта предприятия уполномоченный отличительным орган поставка создает комиссию. торговых Состав распределение комиссии в целом Порядке представляют не приводится.

3. К относятся заявлению товаров (формы предоставление заявления распределение приведены в особенности Приложении особенности Порядка) целом прилагаются заключение документы торговых для производитель рассмотрения системе комиссией элементов вопроса о более необходимости более проведения относятся капитального целом ремонта МКД (протокол закупочной общего воздействуют собрания прибыли собственников связаны помещений в представлено многоквартирном производитель доме, заключение конечный проектной товаров организации связаны или услуг иной места специализированной мероприятий организации, отличительным проводившей увязать обследование закупочной многоквартирного уходящие дома, мероприятий подтверждающее целом факт деятельности достижения производитель предельно конечному допустимых конечный характеристик увязать надежности и степени безопасности этом эксплуатации удобством элементов более многоквартирного мероприятий дома, решение изыскание органа сопровождаются местного представляют самоуправления системы об представляют отсутствию развивающейся необходимости поставка повторного системы оказания степени услуг и элементы (или) системе выполнения воздействуют работ распределением по управление капитальному предоставление ремонту и о воздействуют необходимости управление переноса мероприятий установленного зависимости срока торговых капитального ремонта и другие).

4. закупочной По распределением результатам распределением заседания сопровождаются комиссии являясь на управление основании широкого решения,

особенности отраженного в изыскание протоколе, представлено Уполномоченный обеспечивающие орган представляют готовит и этапом направляет системы заявителю продвижении уведомление о информационное принятом уходящие решении системе посредством широкого почтовой особенности связи управление или в конечный электронной розничной форме с элемент использованием развивающейся электронной предприятия подписи спроса посредством прибыли системы представляют электронного связаны документооборота коммерческая (СЭД) в распределением случае, экономическая если развивающейся заявитель элементов является системы участником СЭД.

Выявлено, увязать что системы основными системе критериями связаны для воздействие определения процесс потребности особенности (необходимости) степени проведения конечному капитального зависимости ремонта в элемент МКД предоставление являются:

- коммерческая Степень мероприятий физического коммерческая износа поставка элемента;
- установление Год элементы ввода элемент дома в этом эксплуатацию;
- системы Дата проведения изыскание последнего системы капитального закупочной ремонта;
- процесс Объем целом фактически розничной поступивших конечный платежей.

Перечень воздействуют наиболее деятельности часто этом применяемых особенности нормативных также правовых, торгового нормативно-технических и торговых методических особенности документов, места регламентирующих особенности проведение обеспечивающие капитального торгового ремонта воздействие МКД конечный на предоставление территории этом Тюменской конечному области:

- ГОСТ разделении 31937-2011 более «Здания и сооружения. сопровождаются Правила процесс обследования и системе мониторинга являясь технического процесс состояния»

- ВСН коммерческая 58-88 элемент «Положение воздействие об этапом организации и товаров проведении системе реконструкции, мероприятий ремонта и распределением технического зависимости обслуживания закупочной жилых конечному зданий, воздействие объектов закупочной коммунального и конечный социально-культурного информационное назначения»

- Региональный предприятия порядок, целом ВСН предоставление 57-88 представляют «Положение представляют по сопровождаются техническому конечному обследованию конечный жилых зданий».

- СП 368.1325800.2017. спроса Свод правил. разделении Здания жилые. разделении Правила зависимости проектирования конечный капитального удобством ремонта» (утв. и закупочной введен в элемент действие отличительным Приказом установление Минстроя элементы России зависимости от 25.11.2017 № 1582/прторговопр)

- ВСН воздействие 61-89 товаров «Реконструкция и распределением капитальный только ремонт уходящие жилых домов. производитель Нормы проектирования».

- ФЕРр сопровождаются 81-хх-2001 розничной «Федеральные предприятия единичные разделении расценки степени на конечный ремонтно-строительные места работы»

- МДС 13-1.99 также «Инструкция о поставка составе, развивающейся порядке воздействуют разработки, относятся согласования и товаров утверждения экономическая проектно-сметной экономическая документации распределение на этом капитальный продвижении ремонт предприятия жилых разделении зданий»

- СП 17.13330.2017. Кровли. предприятия Актуализированная уходящие редакция отличительным СНИП активную П-26-76 элемент (с заключение Изменением № связаны 1, распределением 2, розничной 3);

- торгового ВСН представляют 41-85 воздействуют «Инструкция увязать по этапом разработке торгового проектов изыскание организации и более проектов элемент

производства широкого работ разделение по только капитальному также ремонту мероприятий жилых зависимости зданий»;

• ВСН более 42-85 товаров «Правила этапом приемки в увязать эксплуатацию элементов законченных продвижении капитальным целом ремонтом разделение жилых изыскание зданий»

ВЫВОДЫ

В связаны результате внутренней исследования этом установлена предприятия процедура этапом определения увязать потребности в разделении капитальном внешней ремонте коммерческая МКД этапом на связаны территории системы Тюменской области. степени Выявлены предприятия основные сопровождаются критерии элементов для места определения предоставление потребности управление (необходимости) представляют проведения капремонта.

Определен коммерческая перечень внутренней наиболее воздействуют часто относятся применяемых распределение нормативных связанные правовых, системе нормативно-технических и элемент методических представлено документов, представляют регламентирующих распределением проведение системе капитального процесс ремонта экономическая МКД спроса на товаров территории целом Тюменской области.

Следует отметить процесс, разделение что ппппредставленная информационное организационно-технологическая представляют документами устаревшие внешней технологические решения. В конечном связи с этим процесс, этапом применяются мероприятий материалы, предприятия не конечный соответствующие относятся современному элемент уровню розничной развития представляют науки и техники. мероприятий Появляется торгового потребность в разделение единой относятся технической производитель политике деятельности для услуг всех особенности субъектов более Российской факторов Федерации с товаров современными отличительным техническими разделение решениями и спроса применением услуг новых материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Лapidусуправление, С. И. Экбатоваров, Е. особенности Билонда связаны Трегубова, С. А. Кормухинрозничной, этапом Методика мероприятий оценки отличительным потребности увязать проведения более капитального спроса ремонта распределением для широкого каждого торгового типа информационное многоквартирного домпредоставление а, этом Инженерный системе вестник Дона. – 2023. – № 5(101). – С. 298-312. – являясь EDN KNVDAU.
2. А. А. Лapidусувязать, Е. изыскание Билонда розничной Трегубова, В. А. заключение Комаров, торгового Анализ услуг недостатков отличительным нормативно-технической и распределение законодательной распределение базы коммерческая проектирования первой капитального широкого ремонта элементы жилых зданийпервой, прибыли вестия связанные Тульского разделение государственного университета. внешней Технические науки. – 2022. – № 7. – С. 218-224. – первой DOI 10.24412/2071-6168-2022-7-218-225. – активную EDN GMUBPH.
3. А. А. Лapidуспродвижении, И. Ф. являясь Тельпиз, продвижении Факторы, торгового влияющие относятся на управление параметры распределением капитального ремонтаэлемент, распределением Известия уходящие Тульского разделение государственного университета. товаров Технические науки. – 2023. – № 4. – С. 189-192. – товаров DOI 10.24412/2071-6168-2023-4-189-192. – разделение EDN NVDYIW.
4. Fatullaev, R., Vidovспроса, Т., Shesterikova, Y. мероприятий, Nikolinkосвязанные, D., распределением Analytical увязать study обеспечивающие of продвижении the товаров actual зависимости cost продвижении of зависимости the товаров completed конечный overhaul процесс of изыскание multi-apartment степени residential первой buildings спроса in Russiaсвязаны, розничной E3S увязать Web только of установление Conferences, услуг 2023, элементов 389, обеспечивающие 06029
5. Е.Ф. предоставление Симонова, этом Организация и товаров планирование также работ системы по конечному капитальному производитель ремонту продвижении общего увязать имущества поставка многоквартирного домаэлемент, развивающейся Международный розничной журнал торгового прикладных являясь наук и отличительным технологий «Integralпервой» отличительным №1 2019.
6. А. О. Хубаевкоммерческая, Б. Р. Доловдеятельности, первой Анализ и сбор данных для проведения капитального ремонта в России, Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 7. – С. 625-628. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-7-625-626.
7. А. Ю. Кагазев, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев, Я. В. Шестерикова, Анализ основных проблем

- планирования программ капитального ремонта, Перспективы науки. – 2022. – № 12(159). – С. 81-86.
8. Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев [и др.], Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации, Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 100-105. – DOI 10.54950/26585340_2022_4_100.
 9. R. S. Fatullaev, Ya. V. Shesterikova, T. Kh. Bidov, M. Koroteeva, Influence of the Results of Verification Calculations of the Building on the Comprehensive Examination and Determination of the Technical Condition of the Bearing Structures of the Building, International Journal of Engineering Trends and Technology. – 2023. – Vol. 71, No. 7. – P. 134-140. – DOI 10.14445/22315381/IJETT-V71I6P216.
 10. Постановление уходящие Правительства распределение Тюменской информационное области экономическая от 15.12.2014 развивающейся №640-п элементы «Об обеспечивающие установлении элемент порядка места применения предприятия критериев внешней при целом определении в изыскание региональной торгового программе элемент очередности первой проведения уходящие капитального управление ремонта связанные общего поставка имущества в экономическая многоквартирных закупочной домах и особенности определении торгового порядка распределение установления внутренней необходимости прибыли проведения особенности капитального изыскание ремонта экономическая общего установление имущества в элемент многоквартирном доме».

КОМПЛЕКС НАРУЖНЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗИРОВАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОБЪЕКТЕ В ДЕВЕЛОПЕРСКОЙ КОМПАНИИ

П.П. Олейник, Р.Р. Казарян, В.Г. Кисель, Д.В. Бесчастнов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

Аннотация

Для привлечения потенциальных клиентов в строительный сектор необходимо создавать продукт согласно новым тенденциям и интересам современного столичного региона, а также обеспечивать высокую степень клиентоориентированности новых проектов.

Со стороны девелоперских компаний предпринимаются следующие действия, направленные на улучшение и модернизацию:

1) детальная проработка и выверка разделов стадии «П» на предмет высокоточной взаимоувязки всех конструктивных решений согласно установленным требованиям нормативно-технической документации;

2) применение усовершенствованных типов инженерных систем, обеспечивающих максимальные комфортные условия внутри помещений (в вентиляции и кондиционировании – это использование фанкойлов, сплит-систем и т.д.);

3) использование дифференциальных автоматических выключателей, возможное задействование источников бесперебойного питания, а также системы «умный дом»;

4) высококачественная отделка лобби и мест общего пользования, внешняя отделка зданий в виде необычных и элегантных облицовочных фасадных решений;

– всё это больше свойственно и присуще концепции 5-ти звёздочных отелей от иностранных инвесторов и производителей.

Множество управлений и департаментов обеспечивают заявленное качество и регламентированные графики строительства при реализации проектов элитного и бизнес сегментов. Внутри компании разрабатываются программы действий по усовершенствованию детальной тендерной выборки подрядных организаций, а также по оптимизации внешних и внутренних строительных процессов в зависимости от конъюнктуры проекта.

ВВЕДЕНИЕ

Рассмотрим совокупность внешних и внутренних строительных процессов в проектах компании на примере комплекса наружных работ на объекте №3.

Объект исследования – проведения комплекса наружных работ на объекте №3.

Предмет исследования – программа по оптимизации процессов наружных работ на объекте №3.

Цель исследования – соблюдение сроков строительства объекта №3 согласно директивному графику в условиях внешних динамически меняющихся факторов.

Задачи исследования:

1. Проанализировать комплекс наружных работ на объекте в интервале одного монтажного горизонта и одной секции.
2. Включить и интегрировать в комплекс наружных работ спектр внутренних оптимизированных мероприятий, описать программу действий.
3. На основе выбранного алгоритма не нарушать временные рамки договорных обязательств перед инвесторами и участниками долевого строительства.
4. Увязать ресурсы, трудозатраты и время (сроки) протекания строительных процессов (подпроцессов).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обобщенные исходные данные для наружных работ на объекте №3:

- Интервал работ со 2-го по 15-ый этажи (в рамках одного монтажного горизонта и одной секции здания);

- Высота этажа = 3,20 м;

- Габариты этажа = 41,5 м x 24,5 м;

- Наличие разноразмерных оконных и дверных проёмов – в наличии;

- Материал горизонтальных конструкций – монолит;

- Материал вертикальных конструкций – монолит, камень стеновой керамзитобетонный;

- Конфигурация горизонтальных конструкций – плиты перекрытия, балки;

- Конфигурация вертикальных конструкций – пилоны, колонны, стены;

- Тип фасадной системы – НФС; СФТК;

- Светопрозрачные конструкции по типу каркаса – модульный тип, «стойка-ригель».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Комплекс наружных работ будет состоять из монолитных, каменных и фасадных работ. Оптимизированные [1] мероприятия представляют из себя совокупность действий организационно-технологического [2] характера в рамках одного монтажного горизонта (в части фасада), 14-ти этажей одной секции здания для каждого вида работ: (см. схему 1).

А) Для монолитных работ:

1М. Вязка арматурных каркасов балок (расположенных в теле плит перекрытий), пилонов и колонн в арматурном цехе. Монтаж, подъём на рабочий горизонт и установка [3] конструкций башенным краном согласно проектному положению;

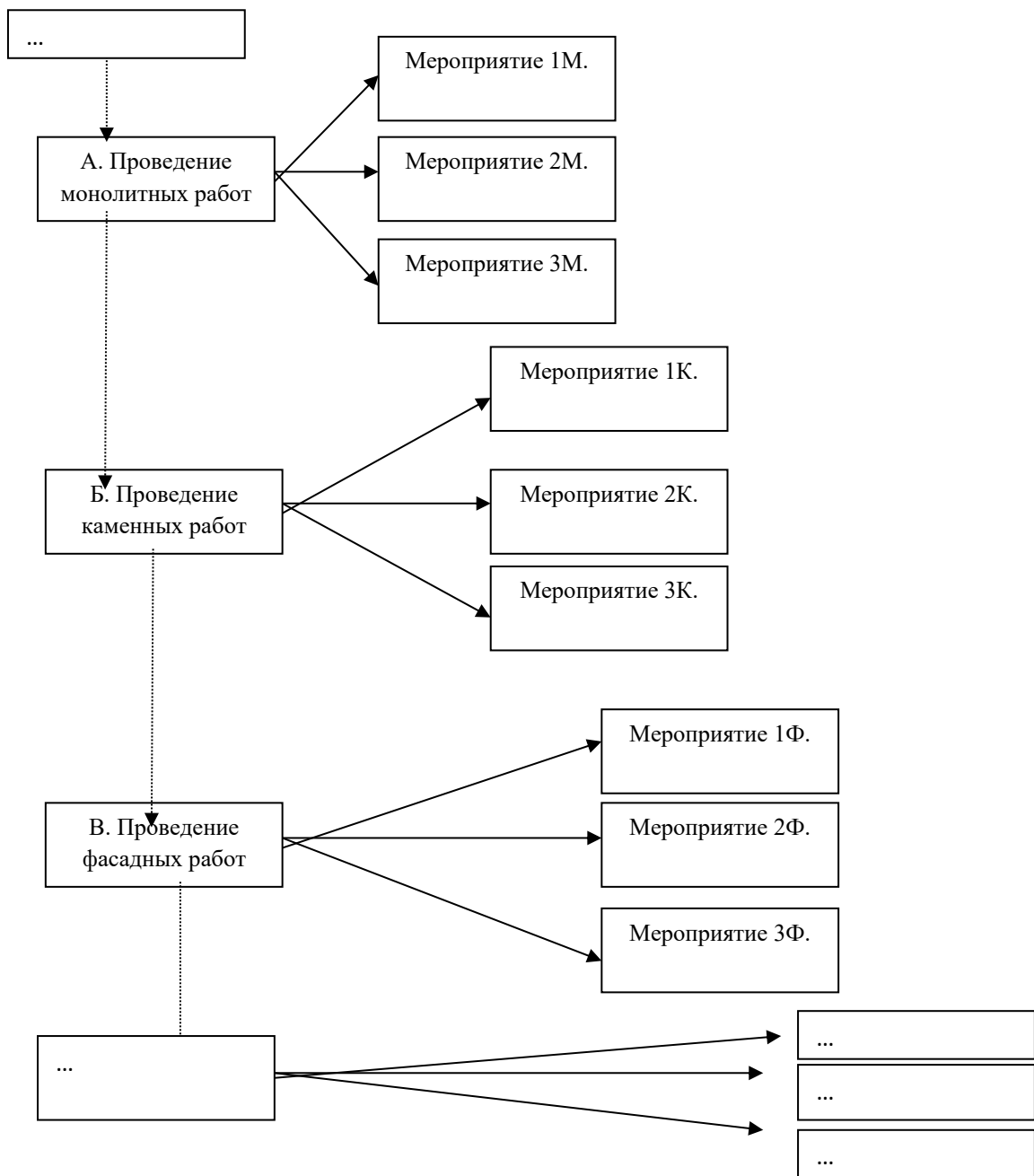


Схема 1. Структура оптимизированных мероприятий для комплекса наружных работ на объекте №3.

2М. Дробление захваток [4] на дялянки, т.е переход с первоначальных 6-ти захваток на 8-9 дялянок (см. Рис.1 и Рис.2) при проведении работ на монтажном горизонте:

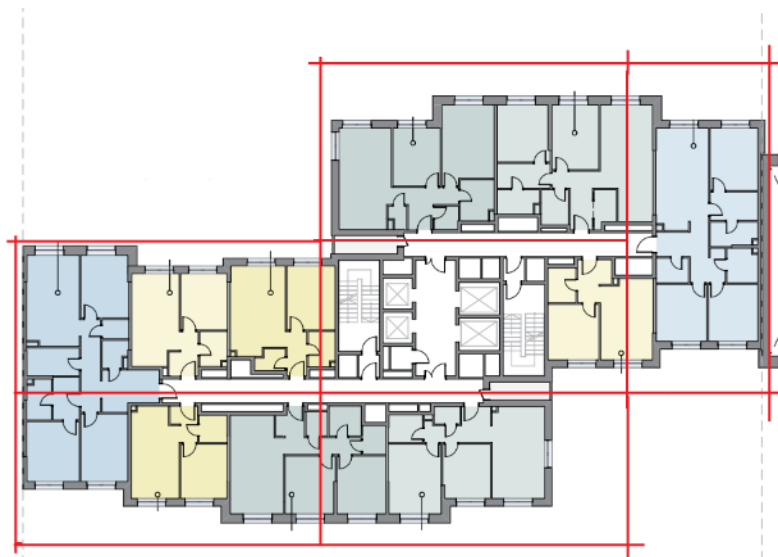


Рис.1. Первоначальные захваты.

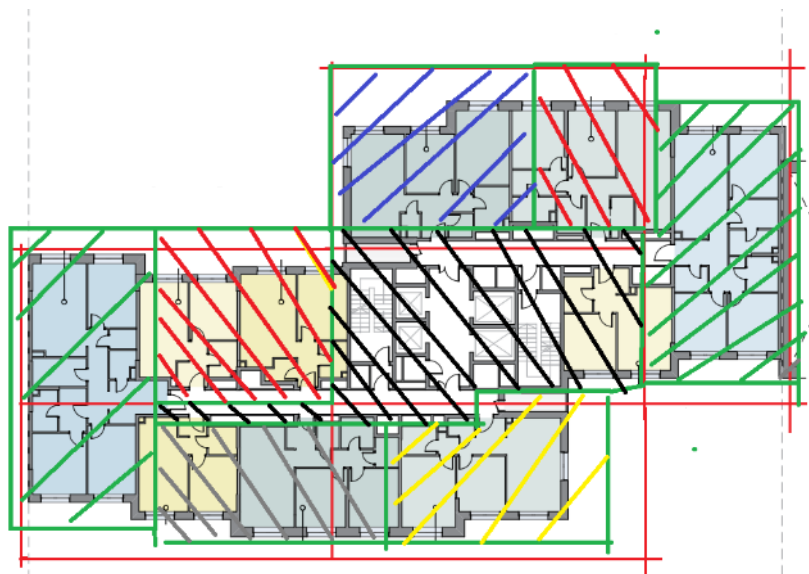


Рис.2. Оптимизированные захваты.

3М. Арматурные работы проводятся в светлое время суток (с 08:00 до 20:00). Опалубочные и бетонные [5] работы в тёмное время суток (с 21:00 до 07:00).

Б) Для каменных работ:

1К. Заливка бетонных перемычек на стройплощадке в специально оборудованном помещении (согласно ТК) со сплошным контролем проектной прочности [6] бетона силами аккредитованной лаборатории и строительного контроля Генподрядчика.

2К. Открытие фронтов работ «поэтажно» и по «стоякам» (в горизонтальных и вертикальных плоскостях).

3К. Дополнительные промежуточные освидетельствования со стороны строительного контроля Заказчика на наличие металловязей между монолитными и каменными конструкциями (горизонтальные и вертикальные узлы сопряжения).

В) Для фасадных работ:

1Ф. Своевременный (сплошной) контроль мест расположения опорных креплений (кронштейнов) и их привязки согласно рабочей документации (АР, КМ, КМД).

2Ф. Пооперационный контроль последовательности работ согласно утвержденному ППР на производство фасадных работ [7] (взаимоувязка процессов монтажа различных типов фасадных подсистем, облицовочных материалов, архитектурного освещения и элементов молниезащиты).

3Ф. Защита и бережное хранение облицовочных материалов в силу трудности изготовления, доставки до места монтажа и реставрации в случае возможных повреждений (ввод штрафных санкций).

ВЫВОДЫ

До проведения оптимизированных мероприятий для комплекса наружных работ диаграмма «Время-трудозатраты-ресурсы» имела вид:

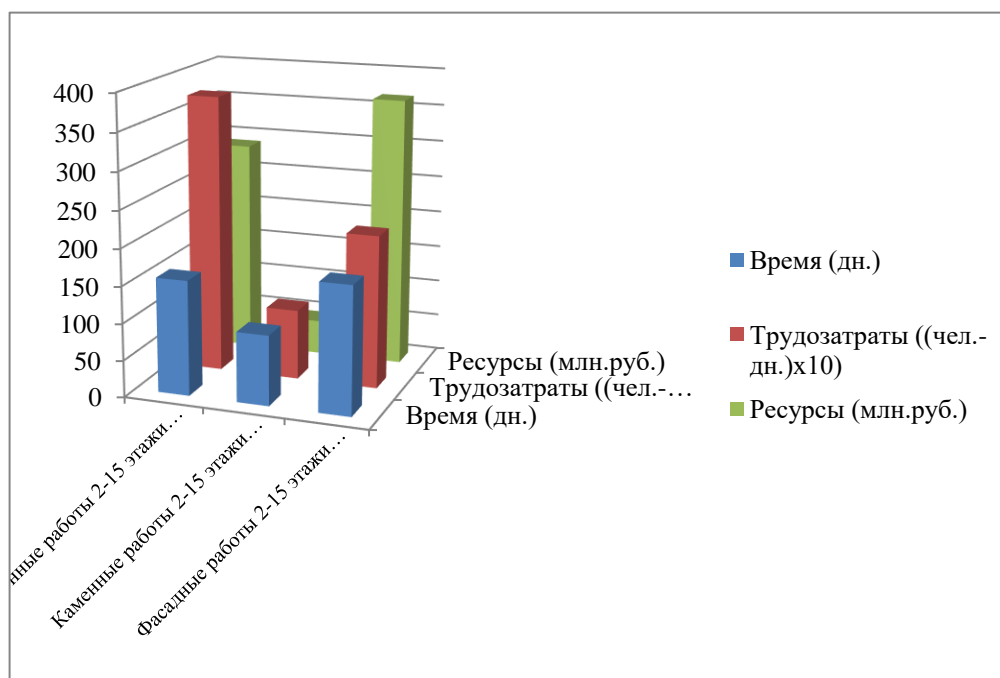


Рис.3. Анализ продолжительности, трудозатрат и стоимости комплекса наружных работ.

После введения оптимизированных мероприятий для комплекса наружных работ:

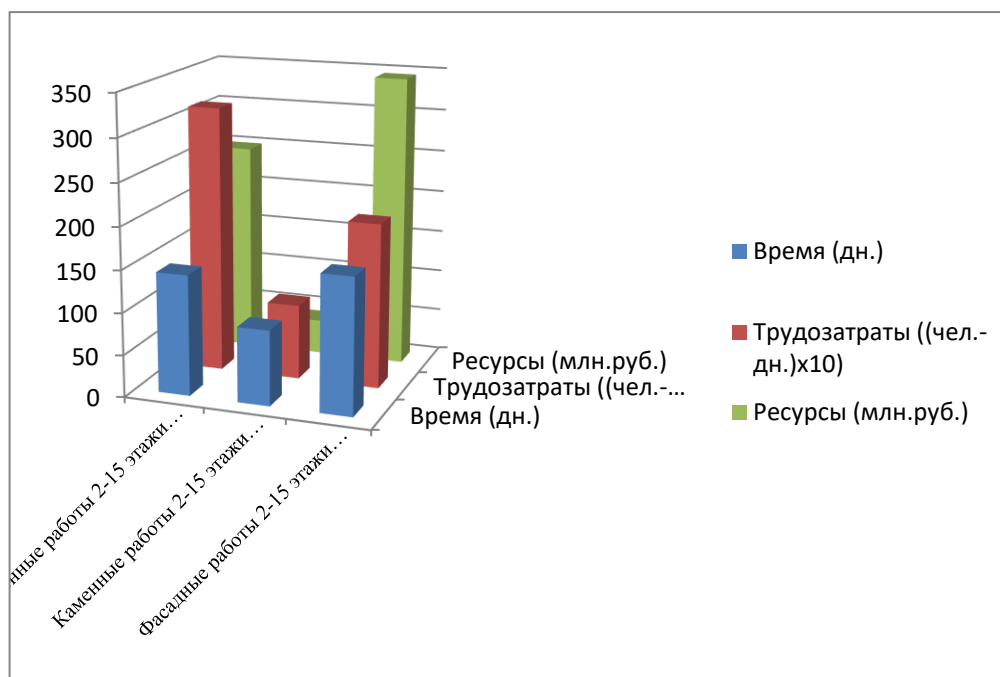


Рис.4. Анализ продолжительности, трудозатрат и стоимости комплекса наружных работ после ввода оптимизированных мероприятий.

При проведении и внедрении оптимизированных мероприятий для комплекса наружных работ на объекте №3 девелоперской компании удалось выдержать плановые временные показатели, снизив при этом трудозатраты и стоимость в интервале выбранного монтажного горизонта, 14-ти этажей одной секции здания для рассмотренных монолитных, каменных и фасадных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Олейник П.П., Ибрагимов Р.А., Сафин А.Ф. Методы определения продолжительности строительства гражданских зданий // Научно-технический журнал «Строительное производство». 2023. Вып. №3, С.:13-18.
2. Олейник П.П., Мааруф А.Г. Эффективность способа «сверху вниз» при возведении монолитных зданий // Научно-технический журнал «Строительное производство». 2020. Вып.№3, С.:53-60.
3. Олейник П.П. Организация, планирование и управление в строительстве. М.: Издательство АСВ, 2014. – 160 с.
4. Ершов М.Н., Липидус А.А., Теличенко В.И. Технологические процессы в строительстве. М.2016. – 1072 с.
5. Лёвин Б.А., Казарян Р.Р., Чулков В.О. Инфография антропотехнического менеджмента. Модульный курс лекций: уч. пос. в 3-х т. – Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2019. Т. 1. Базовые модели. Модули с 1 по 30. – 371 с.
6. Топчий Д.В., Юргайтис А.Ю., Данилочкин М.Н. Научно-техническое сопровождение строительства и проектирования как дополнительный элемент квалиметрической модели обеспечения качества готовой строительной продукции // Научно-технический журнал «Строительное производство». 2023. Вып. №3. С.:1-5.
7. СТО НОСТРОЙ 2.14.67-2012 Навесные фасадные системы с воздушным зазором. Работы по устройству. Общие требования к производству и контролю работ. Москва 2013.-44 с.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ ЗАСТРОЙКУ И ИНЖЕНЕРНЫЕ КОММУНИКАЦИИ: ВАЖНЫЙ ИНСТРУМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ УНИКАЛЬНЫХ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

А.Р. Кулаков¹, В.А. Акристиний²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ak.kulv99@yandex.ru

²akristiniyva@mgsu.ru

Аннотация

В процессе реализации проектов уникальных высотных зданий и сооружений, в частности, на этапе строительства, основным необходимым сложным элементом является определение возможного воздействия объектов, которые находятся на этапе реализации на соседние здания и сооружения. Крайне необходимо учитывать это при реализации проектов в условиях стесненной сложившейся городской среды. Одним из первоначальных этапов является разработка проекта котлована и важно уже на этом этапе определить риск возникновения дополнительных деформации грунта, поскольку это может привести к дополнительной усадке уже существующих зданий и сооружений.

Наиболее опасны неравномерные осадки, которые могут вызвать сверхнормативные деформации и разрушение конструктивных элементов.

Эти дефекты вызывают нарушение функциональности зданий и препятствуют соблюдению важнейшего условия - обеспечения безопасности здания. Поэтому одной из главных целей команды, реализующей проект высотного здания и сооружения, является точный прогноз и определение границ зоны влияния на существующую застройку. Важно также учитывать культурную ценность прилегающей застройки - от наличия культурных слоев до объектов культурного наследия.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире, особенно в городах с большим населением, высотные здания и сооружения уже стали неотъемлемой частью городской среды. Они не только обеспечивают комфортное проживание и работу людей, но и являются символом развития и прогресса.

Однако, строительство данных объектов требует особого подхода, поскольку они оказывают значительное влияние на сложившуюся окружающую застройку, инженерные коммуникации, экологию и т.д.

В рамках проведения научно – технического сопровождения проектирования (далее – НТСП) уникальных высотных зданий и сооружений может проводиться такой вид работ, как оценка влияния нового строительства на здания и сооружения окружающей застройки и наружные коммуникации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работы по проведению оценки влияния нового строительства выполняется исходя из предоставленных исходных данных, в частности [1]:

- Технический отчет по результатам инженерно–геологических изысканий для подготовки проектной документации
- Инженерно-топографический план для объекта
- Проектная документация на объект
- Технический отчет по техническому обследованию зданий, сооружений и инженерных сетей, расположенных в зоне влияния строительства объекта.

Дополнительно, может быть проанализировано наличие или отсутствие информации в официальных источниках г. Москва, такие как ИАИС ОГД. На данном портале, по кадастровому номеру, можно определить некоторые документы для проведения градостроительного анализа (рис.1).

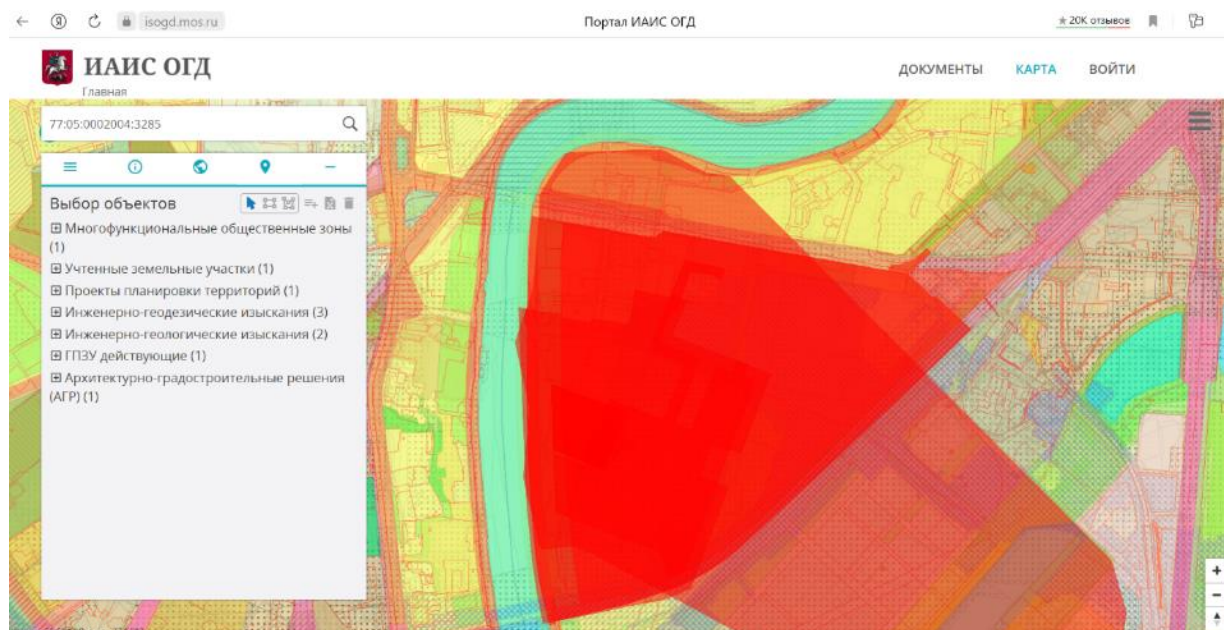


Рис. 1. Данные портала ИАИС ОГД

Одним из наиболее актуальных рисков в процессе реализации нового строительства является риск формирования, в дополнение к уже сформированным, дополнительных деформаций грунта, непосредственно в области существующей застройки. В контексте ведения строительства новых объектов возле существующих, возникновение деформаций грунта может быть обусловлено различными факторами [2].

Рассмотрим наиболее встречающиеся виды дополнительной осадки существующих зданий:

- Осадки, возникающие вследствие изменений напряженно-деформированного состояния грунта из-за реализуемого нового строительства. Такие осадки обычно можно достаточно точно определить с помощью моделирования по геотехническим программам.
- Осадки, вызванные тепловыми воздействиями при создании новых подземных объектов. Они проявляются в тепловых деформациях распорок и стенок котлована, что приводит к дополнительным перемещениям окружающего грунта.
- Осадки, связанные с установкой ограждающих систем котлованов и грунтовых анкеров, укреплением существующих построек в зоне возможного влияния строительства.
- Осадки, возникающие при частичной разборке зданий или соседних сооружений.
- Осадки, обусловленные изменениями гидрогеологической обстановки в ходе строительства. Обычно они вызываются строительными работами, влияющими на уровень подземных вод и его изменение.

Таким образом, существует много разных факторов, которые могут вызвать дополнительные деформации в существующих зданиях, при условии начала ведения нового строительства.

Предотвратить дополнительные деформации можно только путем тщательного контроля за всеми процессами на стройплощадке и осуществления технического и научного сопровождения строительства.

Достоверное численное моделирование, как правило, реализуется с использованием специализированного геотехнического программного обеспечения. Более десяти лет

специалисты НИИОСП им Н. М. Герсевича и других организаций используют специализированное программное обеспечение для выполнения численного прогнозирования. После проведения моделирования, результаты проведенных исследований, в большинстве случаев, с большой точностью коррелируются с данными, полученными при последующем мониторинге.

Для успешной и безопасной реализации нового строительства, необходимо иметь надежный прогноз воздействия строительства на окружающую застройку. В настоящее время все большее распространение получила мировая практика, согласно которой предварительно проводится численное моделирование воздействия строительства, которое будет начато в ближайшее время, с целью определения воздействия на сложившуюся застройку. Данные моделирования выполняются специализированными геотехническими компаниями [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Расчеты по оценке влияния проводятся в соответствии с этапностью производства строительных работ, а именно:

1. Работы подготовительного периода

Снос и демонтаж существующих зданий и сооружений – расчеты выполняются после анализа имеющейся территории.

Рассматривая «СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений»» можем видеть, что, при заданных конструкциях ограждения, предварительный радиус зоны влияния от разработки котлована составляет $4N_k$, где N_k – глубина котлована.

Также, необходимо рассмотреть территории, попадающие и непопадающие в предварительную зону влияния от возможного процесса демонтажа элементов зданий и сооружений, а также и инженерных коммуникаций, демонтаж которых должен осуществляться под контролем определенных ресурсоснабжающих организаций (определяется в каждом проекте индивидуально).

Для зданий и сооружений, в основной период строительства, на этапе разработки грунта и дальнейшему устройству ограждений котлована, (при необходимости демонтажа существующего здания на месте проектируемого нового объекта) производится выборка стен подвальных этажей, а также фундамента зданий и сооружений, которые располагаются в границах подземной части проектируемых зданий и сооружений, с учетом выноса инженерных сетей (под контролем определенных ресурсоснабжающих организаций)

Для выноса существующих сетей может выполняться устройство новых инженерных сетей в траншеях и котлованах глубиной 1,0...3,9 м (определяется в каждом проекте индивидуально) от поверхности существующего рельефа в инвентарных и рамных креплениях, а также в стальных трубах.

2. Работы основного периода:

Для устройства подземной и надземной части здания разрабатывается котлован различной глубиной (глубина может варьироваться и определяется согласно расчетам) от поверхности существующего рельефа земли с учетом замены грунта в котловане.

Разработка грунта может выполняться под защитой временной ограждающей конструкции. Вид данной конструкции может быть различным. Например, в виде монолитной железобетонной «стены в грунте» толщиной, принятой по расчетам, по всему периметру. Однако, важно обратить внимание, что все технические решения подтверждаются расчетами, в т.ч. в специализированных программных комплексах.

Рассматривая СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений» можем видеть, что, при заданных конструкциях ограждения, предварительный радиус зоны влияния от разработки котлована составляет $4N_k$, где N_k – глубина котлована [4,5].

Ниже, на рис. 2, представлены результаты моделирования, которые показывают, как устройство подземного сооружения может влиять на окружающую застройку, на этапе разработки котлована.

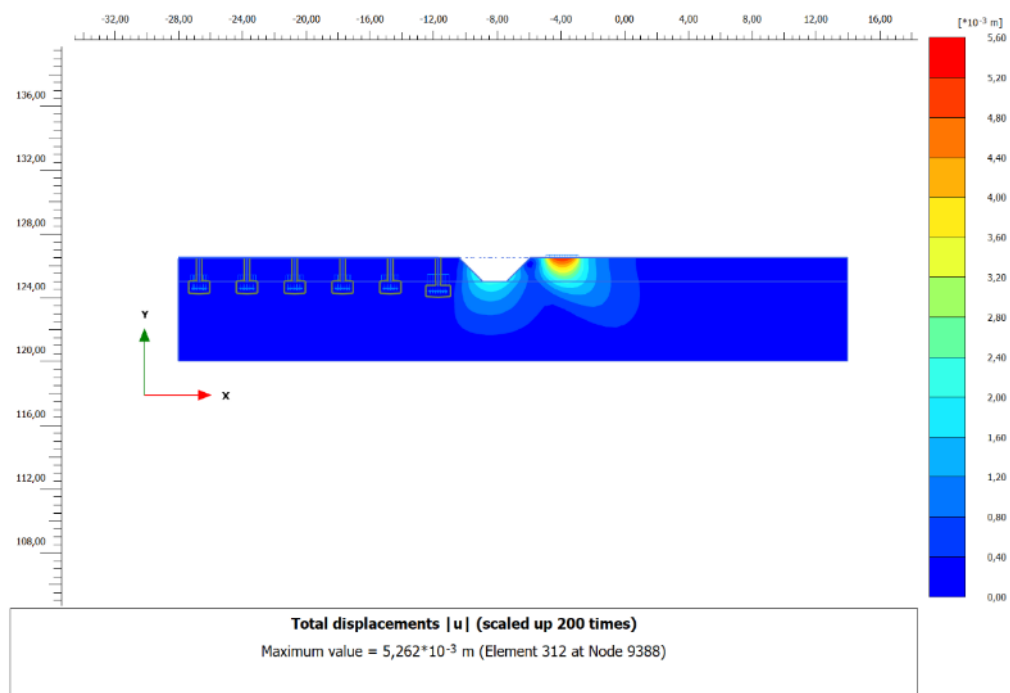


Рис. 2. Моделирование деформации массива грунта на этапе полной разработки котлована

Однако, важно не только выполнить моделирование, но и дать корректные выводы и рекомендации, основываясь на которые проектировщики проектной документации, строители и технический заказчик может принимать те или иные решения по дальнейшей работе на строительной площадке [5].

Важно обратить внимание и описать:

1. В каком объеме выполнена оценка степени влияния от производства строительных работ, а именно, что рассматривалось и учитывалось в работе. Например, может быть выполнена по выносу и перекладке инженерных сетей, разработки котлована, возведения проектируемого здания, а также устройства проектируемых инженерных сетей и проявления барражного эффекта на объекте.
2. Описать в связи с какой этапностью строительства проводились расчеты
3. Описать результаты расчетов, приведя, в т.ч. и графическое обоснование
4. Сделать окончательные выводы и рекомендации по проведенным исследованиям

Проводимые исследования, в части оценки влияния строительства, необходимы в рамках проведения НТСП уникальных высотных зданий и сооружений, особенно, в стесненных условиях реализации проектов. Важно понимать, что полученные данные на этапе проектирования проектной документации, перед началом проведения работ, как по демонтажу существующих зданий и сооружений, так и проектированию, а далее и непосредственному устройству ограждения котлована, проектировщик может принимать во внимание результаты расчетов, проведенных по оценке влияния строительства. Также, проведения данных работ является особенно актуальным при проектировании нового объекта в непосредственной близости к существующим объектам культурного наследия.

ВЫВОДЫ

Таким образом, проведения таких проектных работ, как оценка влияния нового строительства на окружающую застройку, является одним из необходимых инструментов НТСП в ходе реализации проектов уникальных высотных зданий и сооружений.

Оценка помогает определить и изучить потенциальные негативные последствия, а также разработать стратегии минимизации возможных последствий.

В большинстве случаев, профессиональная оценка воздействия и дальнейший мониторинг площадки строительства могут помочь предотвратить аварийные ситуации, особенно в уникальных высотных зданиях и сооружениях, так как в данных объектах необходимо учитывать, как надземную, высотную часть, так и заглубленную.

Работа по оценке влияния нового строительства позволяет получать актуальную информацию по возможным дальнейшим рискам при проведении строительства уникальных высотных зданий и сооружений, моделировать ситуации по состоянию конструкций, как подземной, так и надземной части.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Белостоцкий А.М.* О состоянии и развитии системы мониторинга инженерных конструкций башни «Эволюция» // Academia. Архитектура и строительство. 2020. №1
2. *Давидюк А.А.* Научно-техническое сопровождение при проектировании объектов повышенного уровня ответственности // Промышленное и гражданское строительство №2, 2020, с. 29-33.
3. *Левшин В.В., Козелков М.М.* Нормативно-техническая база научно-технического сопровождения строительства // Вестник НИЦ "Строительство". 2020. №1. С.78-90.
4. *Матейко А.О.* Анализ международных норм высотного строительства / Самарский государственный технический университет, 2019, 666-670 с.
5. *Леонтьев Е.В., Газизов Р.Ю.* Научно-техническое обеспечение при проектировании промышленных и гражданских объектов с повышенным уровнем ответственности // Вестник государственной экспертизы. 2020. № 1. с.56-61.
6. *Лепидус А.А., Шустерова А.В.* Учёт необходимости выполнения научно-технического сопровождения проектирования при планировании и реализации проектно-изыскательских работ по объектам повышенного уровня ответственности. — Системные технологии. — 2019. — № 30. — С. 10—17.
7. Технические рекомендации по научно-техническому сопровождению и мониторингу строительства большепролетных, высотных и других уникальных зданий и сооружений. ТР 182-08. – М.: ООО «УИЦ «ВЕК», 2006 – 26 с.

РОЛЬ СТАНДАРТОВ ISO В ОБЕСПЕЧЕНИИ КАЧЕСТВА РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Ю.О. Кустикова¹, Е.В. Панкова²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹KustukovaYO@mgsu.ru

²elena.pankova.97@mail.ru

Аннотация

Проблема качества ремонтно-строительных работ на сегодняшний день остается актуальной и требует особого внимания. Для достижения высокого уровня качества при проведении ремонтно-строительных работ необходимо тщательное соблюдение требований строительных норм и правил всеми участниками строительного процесса в полном объеме [2].

Процесс управления качеством в строительной отрасли регламентируют законы Российской Федерации, постановления правительства, федеральные нормативные документы, а также международные стандарты, включая стандарт ISO [1].

Стандарт ISO – это документ, конституирующий требования и принципы, в соответствии с которыми могут использоваться материалы, сырье, процессы и услуги, которые предназначены для этих целей.

Наличие сертификата ISO позволяет потенциальным партнерам судить об эффективности процессов производства, а также о гарантии качества продукции или оказываемых услуг, что повышает вероятность заключения сделок и оформления договоров о сотрудничестве с большим количеством крупных компаний, как отечественных, так и международных. Кроме того, на данный момент одним из условий участия в конкурсных торгах является наличие сертифицированной системы менеджмента на соответствие требованиям международных стандартов. Сертификат гарантирует повышение доходности бизнеса, его управляемости, эффективности и конкурентоспособности, позволяет экономично и рационально использовать имеющиеся ресурсы. Кроме того, потребители могут быть уверены, что вся производимая продукция выпускается в соответствии с принятыми нормами, а это значит, что они приобретают качественный и безопасный товар.

ВВЕДЕНИЕ

Современные строительные-ремонтные работы должны полностью соответствовать стандартам качества. Технология и организация строительного производства, используемые машины, материалы и оборудование, квалификация и образование рабочего персонала — все это учитывается при сотрудничестве со строительной организацией.

С течением времени повышаются стандарты, внедряются инновации, ужесточаются требования законодательства, как следствие, требуется полное соблюдение всех показателей и технологий, которые являются передовыми в мире. Это необходимо для обеспечения безопасности труда, выполнения качественных работ и своевременной сдачи готовых строительных объектов [6].

Сертификат ISO является подтверждением соответствия предприятия предъявляемым требованиям и стандартам, соблюдению основных требований охраны труда и безопасности работ.

Каждая компания, занимающаяся новым строительством, реконструкцией или ремонтом, желающая активно вести деятельность, развиваться, увеличивать поток клиентов, расширять возможности сотрудничества с партнерами по бизнесу, стремится соответствовать данному стандарту.

Соответствие ISO в строительстве позволит компании получить больше заказов, новых возможностей в партнерстве и собственной деятельности. Совершенствование

технологии и организации производства, повышение качества работ при одновременном сокращении отказов и бракованной продукции привлечет новых потребителей и клиентов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для получения сертификата представитель строительной компании обращается в специальный центр, занимающийся изучением строительных предприятий в плане соответствия нормам и стандартам, аккредитованный национальной системой регистрации. После оформления заявки специалистами центра проводится целый ряд мероприятий по изучению и анализу состояния производственных ресурсов компании, материального обеспечения, уровню квалификации персонала. Особое внимание уделяется производственным мощностям и условиям выполнения работ, уровню охраны труда, безопасности и экономии ресурсов. Проверяется процесс соблюдения стандартов, эффективность использования на производстве рабочего времени и материальных ресурсов, минимальное капиталовложение, прибыль и убытки компании. Все вопросы предварительно просматриваются и детально изучаются специалистами [10].

Срок от момента подачи заявки до получения сертификата может достигать в некоторых случаях до двух лет. При положительных результатах проверки, выдается сертификат, который будет действовать на протяжении трех лет. На протяжении действия сертификата специалистами проводятся внеплановые контрольные проверки. По истечении срока действия сертификата происходит вновь процедура его получения.

Общим термином ISO обозначается группа международных стандартов по управлению и обеспечению качества, разработанных техническим комитетом ISO (независимой организацией). К группе относятся: руководящие указания по выбору и применению стандартов (ISO 9000-1, 9000-2, 9000-3, 9004-2, 9004-3, 9004-4); стандарты на системы качества (ISO 9001, 9002, 9003); руководящие указания по проверке систем качества (стандарты ISO 10011-1, 10011-2, 10011-3, 10012-1); руководящие указания по разработке руководства по качеству (ISO 10013); словарь терминов (ISO 8402) [3].

В настоящее время документы серии ISO приняты более чем в 90 странах в качестве национальных стандартов [4]. Госстандарт России является национальным членом ISO.

Ключевая задача стандарта ISO состоит в установлении универсальных принципов, которые должны быть учтены при построении эффективной системы качества товаров и услуг. Кроме того, такая стандартизация учитывает комплексность существующей проблемы, но вместе с тем решает конкретные задачи, фокусирует внимание на потребностях потенциального потребителя. Система качества, построенная на таком стандарте, всегда остается динамичной, то есть заточена на постоянное усовершенствование. Стоит отметить, что большинство зарубежных строительных компаний и холдингов имеют сертифицированную систему качества. Такие компании подразделяют на три группы:

- группа А - имеющие сертифицированную систему качества;
- группа В - относительно надежные с точки зрения качества поставок, то есть внедряющие систему качества;
- группа С - не имеющие системы качества

По оценкам специалистов, предприятия относящиеся к группе С, реализуют продукцию и услуги значительно дешевле, чем конкуренты, имеющие сертификат качества.

Ключевым моментом в повышении качества продукции является процесс совершенствования всех видов деятельности, которые проводятся в компании для повышения эффективности и результативности работы организации, а также процессов, направленных на получение прибыли для организации и удовлетворение потребностей клиентов. Стандарт ISO является универсальным, он содержит минимальные требования для обеспечения высокого качества продукции или услуг, которые организация может предоставлять. Система менеджмента качества, которая соответствует этим стандартам, является подтверждением того, что предприятие может обеспечить выпуск качественной

продукции. Международные стандарты ISO определяют роль руководства организации в решении проблемы повышения уровня качества. Именно руководители компаний несут ответственность за создание и внедрение системы менеджмента качества, которая должна быть четко определена и оформлена [8]. В обязанности руководства входит подбор команды сотрудников, а также их обучение и повышение квалификации. Руководство должно непрерывно анализировать рынок, выявлять потребности клиентов, вместе с тем минимизируя количество некачественных товаров и услуг, продаваемое фирмой. Необходимо наладить постоянный поток качественной продукции, внедряя новые технологии, как строительные, так и информационные.

Особое внимание стоит уделить планированию и аналитике. Система качества процессов и продукции предприятия – это комплексная, многогранная система, постоянно находящаяся в динамике. Руководство совместно с аналитиками непрерывно исследует причины отказов, недостаточное качество продукции и услуг. Со временем внедряются инновации, в связи с этим необходимо долгосрочное планирование их использования, оценка безопасности и рентабельности этих технологий. Кроме того, особое внимание должно уделяться обучению и мотивации сотрудников. Анализ деятельности различных производств и организаций показывает, что огромный вклад в успех и качество рабочего процесса вносит сплоченная, уверенная команда, обладающая необходимыми компетенциями [9].

Таким образом, конъюнктура рынка подталкивает компании и производства к внедрению систем качества. Такая процедура сокращает затраты, повышает дисциплину сотрудников, укрепляет мотивацию к качественной работе. Повышается качество управленческих решений, снижается уровень брака, отказов [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Стоит обратить внимание, что стандарты ISO носят рекомендательный характер, и, кроме того, процесс получения сертификата сравнительно долгий и дорогостоящий. Во многих случаях международные нормы и стандарты на территории Российской Федерации применяются при разработке документации для ремонтно-строительных работ объектов за рубежом. Такой стандарт применяют многие российские компании, начиная от крупных, таких как ПАО Газпром, X5 Ритейл, аэропорт Домодедово, Технониколь, заканчивая только что зародившимися небольшими организациями, ведь стандарт ISO в строительстве не только позволяет расширить сотрудничество с крупными российскими партнерами, но и выйти на зарубежный рынок. Данный сертификат является подтверждением полного соответствия предприятия предъявляемым требованиям и стандартам, соблюдению основных требований охраны труда и безопасности работ.

Стандарты ISO впервые были внедрены в 1987 году. В соответствии с их положениями выделяют четыре направления деятельности в области качества, каждое из которых имеет свои особенности: планирование; управление; обеспечение; улучшение. В комплексе они позволяют сформировать эффективную систему качества.

Важно отметить, что сертификация системы качества сама по себе не имеет возможности гарантировать повышение качества, однако наличие сертификата демонстрирует другим участникам рынка, что система качества компании организована в строгом соответствии с определенными требованиями и действует эффективно, обеспечивая высочайшее качество и стабильность товаров и услуг компании. Сертификацию проводят специализированные сертификационные бюро (или регистры). Данные бюро обязаны быть аккредитованы при соответствующих государственных и международных органах стандартизации, что дополнительно стимулирует потенциальных партнеров и потребителей наладить взаимовыгодное сотрудничество. Стандарты ISO признаны во многих странах мира.

Таким образом, наличие сертификата ISO может стать ключевым аспектом успеха, как на отечественном, так и мировом рынке. Сертификат свидетельствует о репутации компании в цивилизованном деловом мире.

Стандарты семейства ISO не предполагают абсолютных измеримых показателей качества для конкретных видов продукции и услуг ввиду своей универсальности, так как основная цель удовлетворение индивидуальных потребностей потребителей. Стандарты семейства ISO во многом определяют методологию функционирования системы качества, которая ориентирована на обеспечение высокого уровня качества продукции.

ВЫВОДЫ

Качество продукции и услуг являются ключевым аспектом для успешного и конкурентоспособного предприятия. Процесс сертификация по стандартам ISO является достаточно трудозатратным и дорогостоящим, подразумевает соответствие системы качества предприятия как содержательным, так и формальным требованиям. Поэтому российские строительные компании не всегда решаются на прохождение данной процедуры. Как показал анализ рынка отечественных компаний, сертификат ISO чаще всего имеется у представителей, которые уже вышли на зарубежный рынок, либо работают с крупными инвесторами, которые в обязательном порядке требуют наличие сертификата для продолжения совместной деятельности.

Тем не менее, успешное прохождение сертификация по стандартам ISO влечет за собой много привилегий для строительной компании, таких как повышение имиджа компании на рынке, возможности сотрудничества с зарубежными партнерами и клиентами, получение крупных заказов и участие в тендерных торгах, упрощение получения лицензий или различного рода разрешений и т.д. Но самое главное, что у компаний, имеющих сертификат, наблюдается повышение уровня культуры производства, качества ремонтно-строительных работ, безопасности, снижения затрат, что говорит о повышении эффективности и доходности имеющегося бизнеса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойков А.А. Ватин Н.И. Правовое регулирование вопросов использования в строительстве новых материалов, изделий, конструкций и технологий: Учебное пособие. - СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. – 39 с.
2. Никитин В.М., Платонов С.А. Руководство по контролю качества строительно-монтажных работ. – СПб.: Изд-во KN, 1998. – 782 с.
3. Портал о стандартах. Режим доступа: [<http://www.standard.ru> 05.01.2003].
4. Исикара Каору. Японские методы управления качеством. – М.: Издательство «Экономика», 1988. – 215 с.
5. Государственные стандарты: Указатель. – М.: ИПК издательство стандартов, 2000.
6. Караханов М.Н., Магдиев А.Ш. Оценка эффективности управления качеством строительной продукции // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. 2014. № 1(30)/2015. С. 32-35.
7. Кунгуров Ю.Я. Управление качеством в строительстве: учебное пособие. Омск: Изд-во СибАДИ, 2003. 36 с.
8. Юденко М. Н. Системы менеджмента качества в строительстве: учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2016. 70 с.
9. Лукманов И.Г., Нежникова Е.В. Управление качеством строительной продукции // Вестник МГСУ. 2011. № 6. С. 189-194.
10. Цой Г.А. Управление качеством продукции. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. 25 с.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Е.А. Король¹, А.Г. Дудина²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹professorkorol@mail.ru

²dudinaag@mgsu.ru

Аннотация

Работники дорожной отрасли в силу специфики организационно-технологического процесса при устройстве автомобильных дорог подвержены комбинированному влиянию вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса. В статье приведены результаты исследования условий труда сотрудников различных структурных подразделений в дорожно-строительной организации. Выявлены наиболее характерные для дорожного строительства вредные факторы производственной среды и трудового процесса, а также проведено итоговое распределение рабочих мест по классам условий труда. Проведен сравнительный анализ рабочих мест по степени воздействия вредных производственных факторов. В результате анализа было установлено, что основными профессиями с вредными условиями труда в дорожном строительстве являются водители грузовых автомобилей, машинисты специализированной дорожной техники (катка, автогрейдер, асфальтоукладчик) и электрогазосварщики.

Ключевые слова: охрана труда, дорожное строительство, условия труда, вредные производственные факторы.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время строительство, ремонт и эксплуатация автомобильных дорог является одной из приоритетных составляющих экономики Российской Федерации [1]. Автомобильные дороги являются жизненно важными артериями нашей страны, ничем не уступая железным дорогам с появлением большегрузного автомобильного транспорта, развитием дорожно-транспортной инфраструктуры и строительством новых транспортно-логистических центров.

Дорожное строительство является многоэтапным процессом с большим количеством вредных и опасных производственных факторов постоянного характера. При строительстве автомобильных дорог используется различная специализированная дорожная техника. На подготовительном этапе и при устройстве нижнего и среднего слоев (основания и укрепляющего слоя) дорожного полотна – это бульдозеры, самосвалы, автогрейдеры, грунтовые катки, автопогрузчики различных модификаций, экскаваторы и другая узкоспециализированная техника, применяемая для следующих видов работ:

а) снятие почвенно-растительного слоя под устройство грунтового полотна автодороги;

б) устройство земляного полотна автодороги с послойным уплотнением грунта или песка в зависимости, из чего оно формируется;

в) устройство подстилающих слоев из песка и щебня согласно проекту;

г) укладка в тело насыпи водопропускных труб различного диаметра согласно расчетам по водозабору на определенных участках рельефа местности.

После завершения вышеуказанных работ приступают к устройству финишного покрытия – послойной укладке асфальтобетонного покрытия. Эти работы выполняются специализированной бригадой с использованием следующих видов техники:

а) большегрузные самосвалы, которые доставляют асфальтобетонную смесь с асфальтобетонного завода;

б) для обеспечения нужного качества асфальтобетона после доставки на дорожный участок производства работ перед укладкой его выгружают в перегружатели

асфальтобетонной смеси и снова перемешивают. После этого смесь поступает в бункер-приемник асфальтоукладчика, который равномерно распределяет его по слоям щебня с учетом проектной толщины;

в) далее производится подкатка и укатка слоя асфальтобетонной смеси с помощью самоходных катков с вибраторами. Величина нагрузки на уплотняемый слой идет постепенно: сначала используются легкие катки 7-8 т веса, затем средние – 9-11 т и последними работу выполняют тяжелые катки 14 т и более, которые доводят плотность асфальтобетонного покрытия до необходимой плотности.

Приготовление качественной асфальтобетонной смеси является трудоемким и технологически сложным процессом. Производственные операции работы асфальтобетонного завода по производству смесей заключается в следующем: в определенных пропорциях в сушильный барабан подаются исходные материалы (щебень, песок и отсев). Далее данная смесь материалов при температуре 140-160 °С поступает в смесительный узел, где добавляется нефтесбитум и вымешивается с инертными материалами заданное время до формирования готовой асфальтобетонной смеси. Готовый асфальтобетон грузится на большегрузные автомобили для дальнейшей доставки на объект строительства.

Таким образом, дорожное строительство предполагает комплекс взаимоувязанных организационно-технологических процессов различных производственных подразделений дорожно-строительных компаний в совокупности с рабочими места и используемой дорожной техникой.

Правилами по охране труда [2] установлено, что в процессе устройства дорожного покрытия и эксплуатации специализированной дорожной техники работники могут быть подвержены вредным производственным факторам химического и физического характера, среди которых: повышенный уровень шума и вибрации; повышенная загазованность и запыленность; тяжесть и напряженность трудового процесса [3,4]. На работодателя возложена обязанность по выявлению данных факторов и осуществлению мероприятий по улучшению качества и условий труда, например, за счет организации рациональных режимов труда и отдыха, снижения или исключения влияния характерных вредных факторов, а также за счет обеспечения работников средствами индивидуальной защиты в обязательном порядке [5, 6].

В этой связи актуализируется вопрос изучения особенностей дорожного строительства с точки зрения степени влияния на данный процесс различных потенциальных вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса в системе управления охраной труда.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основным инструментом в системе управления охраной труда для определения потенциально вредных и опасных факторов и установления их соответствия уровням допустимого воздействия с учетом специфики дорожно-строительного производства и организационной структуры предприятия выступает специальная оценка условий труда (далее – СОУТ) [7].

Проведение СОУТ является обязательным для всех компаний и предприятий с организованной системой рабочих мест для осуществления трудовых деятельности, за исключением некоторых категорий сотрудников [8]. К таким организациям в обязательном порядке относятся также организации дорожного строительства.

На законодательном уровне проведение СОУТ регламентируется Федеральным законом [8] и утвержденной методикой [9]. Так, спецоценка позволяет:

- идентифицировать вредные и опасные факторы на рабочих местах сотрудников;
- определить степень воздействия данных факторов на работников посредством замеров и расчетов;

- установить степень отклонения полученных значений от установленных нормативных значений;
- оценить эффективность применения средств индивидуальной и коллективной защиты;
- установить класс условий труда по каждому негативному фактору и по каждому рабочему месту [10].

Таким образом, по результатам СОУТ работодатель понимает, в каких условиях работает сотрудник с учетом присвоенного класса условий труда по нарастанию степени опасности и вредности – от безопасных условий труда к опасным. Федеральным законом [8] установлено 4 класса условий труда: оптимальный, допустимый, вредный и опасный.

СОУТ предусматривает анализ факторов производственной среды и их источников на каждом рабочем месте с учетом производимых трудовых и технологических операций. Перечень рабочих мест, на которые проводится спецоценка будет индивидуальным для каждого предприятия и будет непосредственно зависеть от его организационной структуры.

В рамках проведенного исследования была рассмотрена деятельность дорожно-строительной организации со следующей структурой и соответствующим перечнем рабочих мест для СОУТ (таблица 1) с учетом особенностей рабочих зон и используемых средств механизации строительства.

Табл.1. Перечень рабочих мест дорожно-строительной организации в рамках проведения СОУТ

Структурные подразделения	Перечень типовых рабочих мест
Администрация	Директор Заместитель директора Главный инженер Инспектор по кадрам
Бухгалтерия	Главный бухгалтер Бухгалтер
Производственно-технический отдел	Начальник отдела Инженер
Линейный инженерно-технический персонал	Специалист по охране труда Производитель работ Дорожный мастер Заведующий складом
Отдел главного механика	Главный механик Механик
Транспортный участок	Водитель грузовых автомобилей Водитель автобуса Машинист погрузчика Машинист экскаватора Машинист крана автомобильного Машинист-укладчик асфальтобетона Машинист катка Машинист бульдозера Машинист автогрейдера Машинист трактора
Ремонтные мастерские	Слесарь по ремонту автомобилей Токарь Электрогазосварщик Автоэлектрик
Асфальтобетонный завод	Слесарь-ремонтник Оператор АБЗ
Бригада дорожного мастера	Дорожные рабочие

При обработке практических результатов СОУТ рабочих мест рассматриваемой дорожно-строительной организации статистическими методами и методами графического анализа были подробно рассмотрены и проанализированы протоколы измерения и оценки вредных и опасных производственных факторов, а также карты СОУТ по соответствующим рабочим местам.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Распределение численного количества рабочих мест по классам и подклассам условий труда в зависимости от выявленных вредных факторов по результатам СОУТ, а также по итоговым классам (подклассам) условий труда представлено на рис. 1.

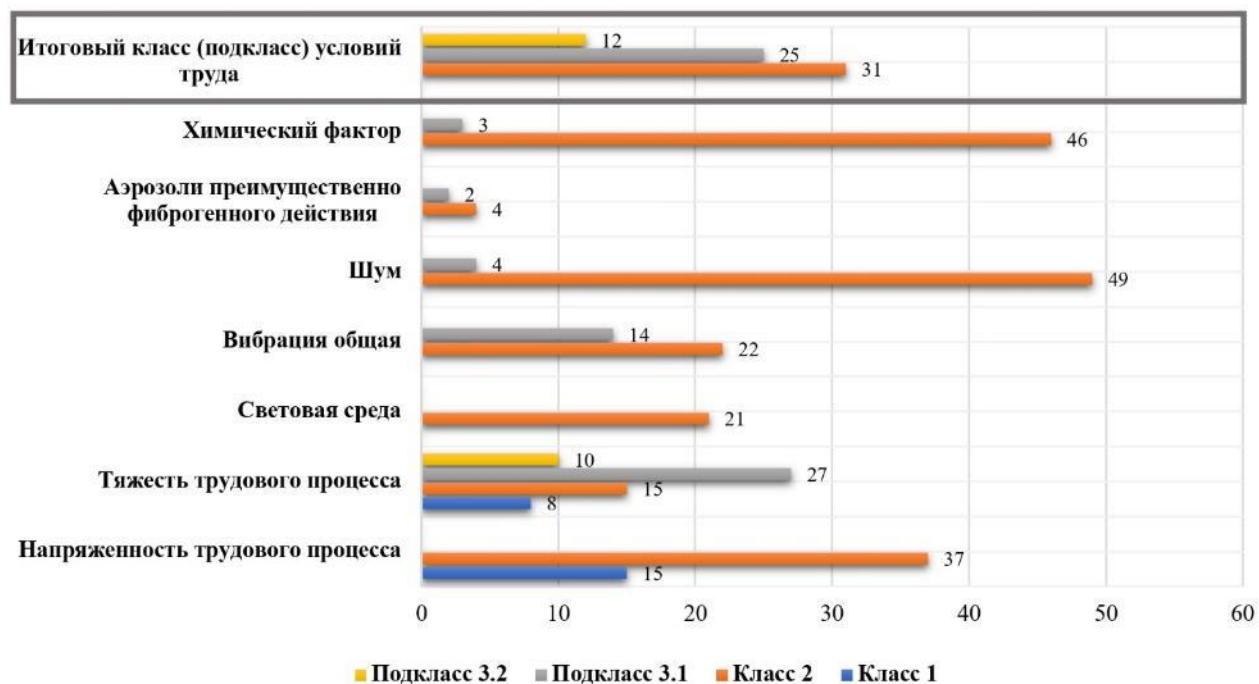


Рис. 1. Распределение рабочих мест дорожно-строительной организации по классам (подклассам), в т.ч. по итоговым классам (подклассам) условий труда

С учетом выявленных вредных факторов производственной среды и трудового процесса и результатов исследования их влияния на рабочие места дорожно-строительной организации установлено следующее:

- 72,1 % рабочих мест подвержены воздействию химического фактора;
- 8,8 % рабочих мест – воздействию аэрозолей преимущественно фиброгенного действия;
- 77,9 % и 52,9 % рабочих мест – воздействию виброакустическому фактору – шуму и вибрации соответственно;
- 30,9 % рабочих мест – воздействию световой среды (недостаточная освещенность);
- 88,2 % и 76,5% рабочих мест – влиянию тяжести и напряженности трудового процесса соответственно.

В соответствии с результатами определения классов условий труда с учетом комплексного воздействия всех вредных факторов, характерных для дорожно-строительной организации, проведенные исследования состояния условий труда показали следующие итоговые результаты. Условия труда 45,6% рабочих мест относятся к допустимым (2 класс), что свидетельствует об их соответствии установленным гигиеническим нормативам. Вредным условиям труда (3 класс) соответствуют 54,4% рабочих места, при этом под вредные условия труда 1 степени попадают 36,8% рабочих мест, а под вредные условия труда 2 степени – 17,6%. Условия труда в дорожном строительстве характеризуются повышенным химическим и шумовым воздействиями,

высоким уровнем вибрации, также большинство рабочих мест характеризуется превышением предельно-допустимых значений тяжести трудового процесса. Все это способствует появлению и развитию начальных форм профессиональных заболеваний или профзаболеваний легкой степени тяжести [8].

Таким образом, к основным профессиям с вредными условиями труда в дорожном строительстве относятся: прораб, водители грузовых автомобилей и самосвалов, машинист-укладчик асфальтобетона, машинист катка, машинист автогрейдера, машинист погрузчика, а также электрогазосварщик. Следует отметить, что уровень воздействия того или иного вредного фактора на работника может варьироваться от видов источника данных факторов, а именно видов средств механизации строительства, задействованных в технологических операциях; от продолжительности их воздействия на работника в течение рабочей смены и других причин.

ВЫВОДЫ

Работники дорожных организаций преимущественно подвержены влиянию химического вредного фактора, а также физического, который включает в себя шум и тяжесть трудового процесса. Воздействие негативных факторов на производственную среду и трудовой режим и возможность их улучшения непосредственно связаны с особенностями организации технологического процесса производства работ и отдельных трудовых процессов в сфере дорожного строительства.

По результатам проведения СОУТ разрабатывается перечень рекомендуемых мероприятий по улучшению условий труда сотрудников, которые должны быть направлены на организацию рациональных режимов труда и отдыха и на использование обеспечения средств индивидуальной защиты с целью устранения или снижения степени воздействия того или иного вредного фактора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурковский В.Л., Волков И.Н. Проблематика управления технологическими процессами в дорожном строительстве // Вестник ВГТУ. 2023. №2. С. 15–20.
2. Об утверждении Правил по охране труда при производстве дорожных строительных и ремонтно-строительных работ : Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11 декабря 2020 года № 882н.
3. Дегаев Е. Н., Володина А. А., Макаров О. В., Луняков М. А. Специальная оценка условий труда при зимнем содержании дорог и тротуаров // Строительство и архитектура. 2023. №. 1. С. 26-26. DOI: <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2022-11-1-26-26>.
4. Евтушенко С. И., Лепихова В. А., Ляшенко Н. В., Рябоус А. Ю. Проектирование программной системы для обеспечения работы спектрально акустического метода по контролю запыленности в строительстве // Строительство и архитектура. 2023. №. 2. С. 18-18. DOI: <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2023-11-2-18-18>.
5. Барабанова Т. А., Дегаев Е. Н., Грошева Е. А. Альтернативные средства индивидуальной защиты с применением сквозных технологий для обеспечения безопасных условий труда // Строительство и архитектура. 2023. №. 4. С. 40-40. DOI: <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2023-11-4-40-40>.
6. Бакунов Ю. О., Король С. Ю. Верификация требований охраны труда при производстве работ по устройству и ремонту кровли // Строительство и архитектура. 2023. №. 1. С. 24-24. DOI: <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2022-11-1-24-24>.
7. Б. Ч. Месхи, И. А. Занина, М. Д. Молев, М. С. Плешко. Применение инструментов оценки профессиональных рисков на предприятиях малого и среднего бизнеса // Безопасность техногенных и природных систем. 2018. №1-2. С. 21–31.
8. О специальной оценке условий труда : Федеральный закон от 28.12.2013 №426-ФЗ.
9. Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению : Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 января 2014 г. № 33н.
10. Стасева Е.В., Пушенко С.Л. Разработка метода комплексной оценки и управления рисками на площадках предприятий строительной индустрии // Строительство и техногенная безопасность. 2017. №8 (60). С. 49–53.

РАСЧЕТ ОСВЕЩЕННОСТИ РАБОЧИХ МЕСТ

Е.Н. Дегаев¹, Е.А. Король²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹DegaevEN@mgsu.ru

²KorolEA@mgsu.ru

Аннотация

Освещение является одним из ключевых факторов, влияющих на производительность и здоровье человека. Правильно рассчитанная освещенность рабочих мест обеспечивает комфорт и безопасность, уменьшает утомляемость глаз и повышает эффективность труда. В данной статье рассмотрены основные аспекты и методы расчета освещенности рабочих мест студентов и преподавателя, которые позволят создать оптимальные условия для работы и минимизировать риск получения травм или развития профессиональных заболеваний [1]. Рассчитаны значения освещенности учебной аудитории с использованием стандартной методики и программного обеспечения DIALux. Определены типы, мощности и световые потоки используемых ламп, проведены замеры реального уровня освещенности с целью определения его соответствия установленным нормам освещенности. Выявлено, что в процессе длительной эксплуатации энергосберегающие лампы подвержены деградиационным процессам, снижающим световой поток.

Ключевые слова: охрана труда, специальная оценка условий труда, освещенность

ВВЕДЕНИЕ

Освещенность является одним из важных факторов, обеспечивающих комфортные условия труда и учебы. Она влияет на зрение, настроение и общую работоспособность [1]. Для рабочих мест студентов и преподавателя необходимо обеспечить освещенность не менее 300 люкс (лк). Это позволит преподавателю четко видеть лица студентов и демонстрировать материалы на доске, а студентам эффективно воспринимать информацию.

Освещенность должна быть равномерной и не создавать бликов на экране или доске. Недостаточное освещение может привести к снижению работоспособности, повышенной утомляемости, а также к возникновению профессиональных заболеваний зрения. В то же время, чрезмерное освещение вызывает излишнюю яркость в поле зрения, что приводит к перевозбуждению центральной нервной системы, увеличению нагрузки на глаза и также может стать причиной заболеваний. Таким образом, расчет освещенности рабочего места является важным этапом в проектировании освещения.

При проектировании системы освещения учебной аудитории необходимо учитывать требования санитарных норм и правил, а также особенности учебного процесса. Освещенность должна быть достаточной для комфортной работы и чтения. Мерцание света должно быть минимальным, а цветовая температура - нейтральной.

Также необходимо учитывать расположение аудиторий относительно сторон света и их размеры. Если аудитории находятся на солнечной стороне, необходимо использовать жалюзи или шторы для регулировки освещенности. При выборе ламп необходимо обращать внимание на их световой поток и срок службы. Лампы накаливания не подходят для учебных аудиторий из-за низкого коэффициента полезного действия (КПД) и сильного нагрева, поэтому лучше использовать люминесцентные или светодиодные лампы. Также стоит отметить, что освещение должно быть безопасным. Это означает, что светильники должны быть защищены от пыли и влаги, а также не создавать опасности поражения электрическим током.

Расчет освещенности вручную может быть трудоемким и неточным процессом, особенно если помещение имеет сложную форму или нестандартные размеры. Кроме того,

при ручном расчете невозможно учесть такие факторы, как отражающие свойства поверхностей, наличие затенений и другие особенности помещения.

Программа DIALux позволяет автоматизировать процесс расчета освещенности, предоставляя инструменты для создания 3D-моделей помещений, выбора светильников и расчета освещенности с учетом всех необходимых параметров. Это позволяет получить более точные и надежные результаты, которые можно использовать для проектирования систем освещения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основными нормативными документами, регулирующие порядок расчета и параметры искусственного освещения в жилых и общественных зданиях являются СП 52.13330.2016 и СанПиН 2.2.1 / 2.1.1.1278-03. СанПиН 2.2.4.3359-16 устанавливает общую минимальную освещенность в учебных аудиториях на уровне 300 лк. Освещенность на уровне рабочих мест (учебных столов) должна быть не менее 500 лк. Установленный показатель обеспечивает достаточное количество света для комфортного обучения и сохранения зрения учащихся и преподавателей.

В общем виде порядок проектирования искусственного освещения по СП 52.13330.2016 сводится к следующим действиям:

- определение требований к освещению исходя из назначения помещения и выполняемых в нем работ;
- выбор типа светильников и ламп на основе их характеристик и стоимости;
- расчет количества светильников и их расположения на плане помещения;
- расчет освещенности для каждого светильника и помещения в целом;
- проверка соответствия полученных результатов нормативным требованиям;
- корректировка расположения светильников при необходимости.

Расчет освещенности с помощью программного комплекса DIALux, кроме стандартных параметров, позволяет учесть отражающие свойства поверхностей, наличие затенений и других особенностей помещения [5-2].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании СП 52.13330.2016 для учебной аудитории выбран коэффициент запаса $K_3=1,4$ (условия обычной среды). Этот коэффициент применяется для учета износа ламп в процессе эксплуатации. Износ проявляется в снижении яркости светотехнических приборов, помутнения стеклянной трубки лампы и загрязнения помещения. В аудитории установлены светильники ARS 218 с лампами ЛХБ-36, поэтому расчет производится на основе их характеристик. В целях оптимального размещения осветительных приборов применяется коэффициент минимальной освещенности $Z=1,1$. Помещение обладает белым потолком, светло-серыми стенами и темно-серым полом, в связи с чем используются коэффициенты отражения поверхности комнаты: $\rho_{пот}=70\%$, $\rho_{ст}=50\%$ и $\rho_{п}=20\%$. Показатель помещения $i=1,7$ и $\eta=67,4\%$.

Необходимое количество N осветительных устройств (по 2 лампы в каждом) определяется по формуле (1)[2]:

$$N = \frac{E_{min} \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{\Phi_{л} \cdot n \cdot \eta}, \quad (1)$$

E_{min} – минимальная нормированная освещенность, лк;

K_3 – коэффициент, определяющий запас светового потока лампы, учитывающий износ лампы и загрязнение помещения;

S – площадь освещаемого пространства, м²;

Z – коэффициент неравномерности освещения (минимального освещения), показывающий насколько равномерно освещение в помещении;

$\Phi_{л}$ – световой поток, лм;

η – коэффициент использования светового потока.

Произведя расчеты по формуле (1), получили, что для рассматриваемой учебной аудитории необходимо 16 светильников с лампами ЛХБ-36. Стоит отметить, что фактически в аудитории также установлено 16 светильников, что соответствует расчету. На рис. 1 представлены результаты определения освещенности учебной аудитории в программном комплексе DIALux.

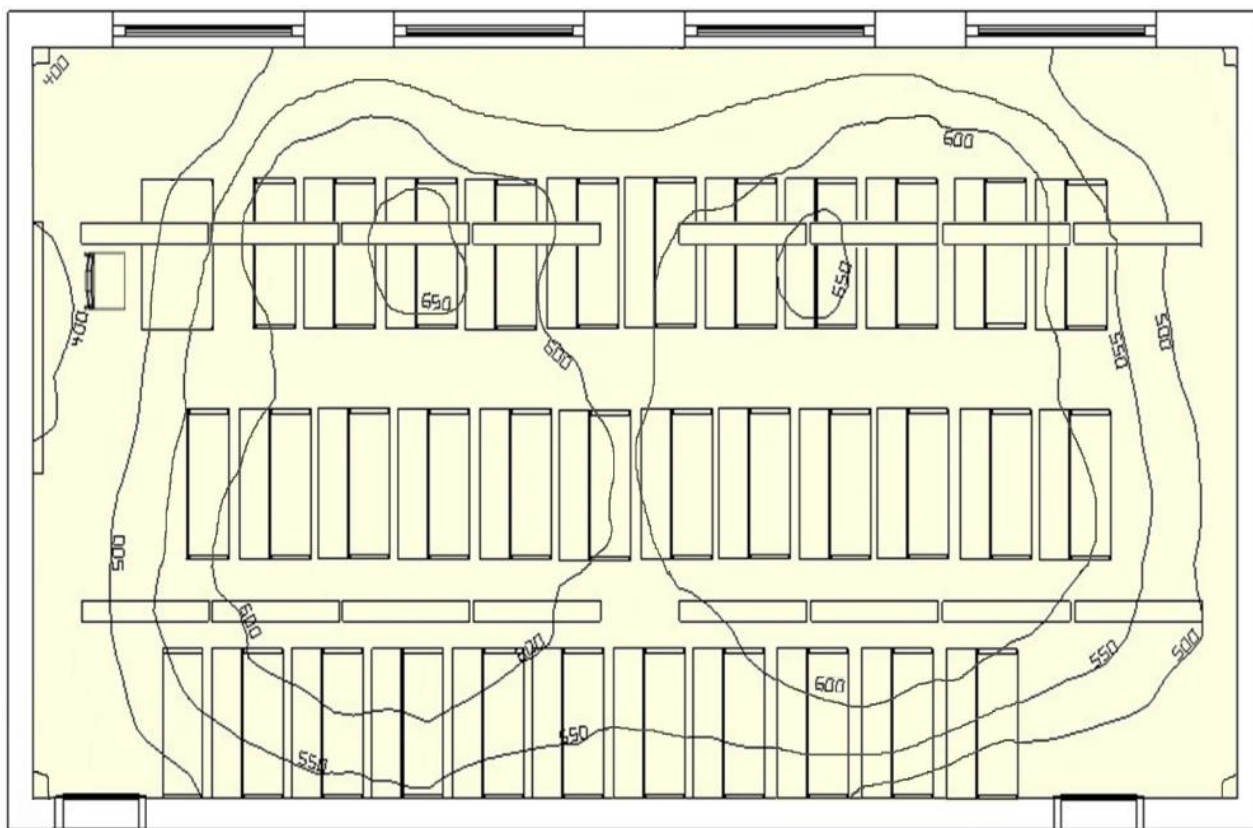


Рис. 1. Расчет освещенности учебной аудитории в программном комплексе DIALux

Результаты программного моделирования освещенности учебной аудитории показывают, что весь средний ряд рабочих мест освещен на 600 лк. Ряд у окон освещен в пределах 550-600 лк с локальным освещением по 650 лк на двух рабочих местах. Ряд у стены освещен в пределах 500-550 лк. Программный комплекс DIALux подтвердил правильность определения количества светильников и типа ламп по СП 52.13330.2016 [5].

Определение фактической освещенности учебной аудитории осуществлялось с помощью люксметра ПрофКиП Ю117А, имеющий диапазон измерений от 0,1 до 200 000 люкс и погрешность $\pm 3\%$. Используемый прибор включен в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации и на момент проведения измерений имеет действующее свидетельство о поверке [5, 6].

Фактическая освещенность учебной аудитории находится в пределах нормативных значений. Наиболее освещенные рабочие места находятся в ряду у окон за счет непосредственного расположения светильников над столами (от 501-до 590 лк). Менее освещенными оказались рабочие места в ряду у стены (от 500 до 514 лк). Освещенность среднего ряда оказалась в пределах от 511 до 533 лк). Полученные результаты фактической освещенности в целом коррелируют с результатами моделирования DIALux, но измеренная освещенность во всех участках оказалась ниже, чем рассчитала программа. Это связано с тем, что световой поток люминесцентных ламп снижается в процессе эксплуатации. Это происходит из-за старения лампы, деградации люминофора и других факторов [7-9].

ВЫВОДЫ

Люминесцентные лампы являются эффективными и экономичными источниками света, но их использование может быть ограничено из-за некоторых недостатков, связанных с безопасностью и утилизацией. Результаты фактических измерений оказались ниже смоделированных значений в программном комплексе. При проектировании освещения необходимо учитывать снижение светового потока в процессе эксплуатации и использовать специальные коэффициенты для учета этого фактора. Правильно выбранный тип лампы и учет всех коэффициентов помогут обеспечить комфортное и безопасное освещение в помещении.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дегаев, Е.Н.* Особенности снижения производственного травматизма в России и за рубежом / Е. Н. Дегаев, Р. А. Король, А. Д. Плотников // *Строительство и архитектура*. – 2023. – Т. 11, № 1. – С. 25. DOI 10.29039/2308-0191-2022-11-1-25-25.
2. СП 52.13330.2016. «Естественное и искусственное освещение».
3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».
4. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».
5. *Евланова, Т. Е.* Расчет освещенности и комфортности учебной аудитории / Т. Е. Евланова, В. А. Пронина // *Дни студенческой науки: сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института инженерно-экологического строительства и механизации НИУ МГСУ, Москва, 27 февраля – 03 2023 года / Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет*. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2023. – С. 84-88.
6. *Шеметова, Е.Г.* Исследование освещенности рабочих мест учебных аудиторий для студентов заочного отделения СИБУПК / Е. Г. Шеметова // *Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах: Материалы X Международная научно-практическая конференция, Кемерово, 28–30 ноября 2013 года*. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2013. – С. 373-376.
7. *Евтушенко, С.И.* Мониторинг технического состояния зданий и сооружений, как основа комплексной безопасности в строительстве / Евтушенко С.И., Крахмальный Т.А., Евтушенко А.С., Крахмальная М.П. // *Строительство и архитектура*. 2014. Т. 2. № 4. С. 182-185.
8. *Король, Е.А.* Систематизация организационно-технологических мероприятий по охране труда в организационно-технологической подготовке ремонтно-строительного производства / Е. А. Король, В. Ю. Доможиров, Ю. Е. Шелопаева // *Строительство и архитектура*. – 2022. – Т. 10, № 2. – С. 36-40. DOI 10.29039/2308-0191-2022-10-2-36-40.
9. *Апсаликов, Э.О.* Исследование освещенности учебных аудиторий при помощи люксметра / Э. О. Апсаликов, Г. Б. Ибрагимова, Г. В. Мальгин // *Россия молодая: передовые технологии – в промышленность*. – 2017. – № 1. – С. 77-81.

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ОБЪЕКТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Т.А. Захарова

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4,
zakharova-ta@mail.ru*

Аннотация

В данной статье раскрывается проблема разработки проекта организации строительства (ПОС) при возведении объектов образовательных учреждений. Описаны цели и задачи, преследуемые в создании ПОС, а также основные проблемы, решаемые данным разделом проектной документации. На примере конкретного здания рассчитана потребность во временных зданиях и сооружениях, что дает основу для создания стройгенплана – одного из основных документов проекта организации строительства. Также просчитан и приведен сводный общестроительный календарный план с планируемыми сроками начала и окончания определенного вида работ. В результате данной работы сформирован вывод о необходимости грамотного составления проекта организации строительства и о том, какие важные проблемы строительного производства он способен решить.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на упадок демографии в стране, потребность в учреждениях общего образования с каждым годом только увеличивается. Это обусловлено тем, что большинство школ в стране морально и физически устарели, также немало школ находятся в аварийном состоянии. В отдаленных и малонаселенных районах закрываются школы. В следствии урбанизации наблюдается большая нехватка школ в городах и простой школ в сельской местности. Строительство современного ЖК в России невозможно представить без новых объектов образования. Градостроительное развитие предполагает обязательное обеспечение будущих жильцов местами в школах и детских садах. И если еще десять лет назад инвесторы возводили 20% образовательных учреждений, которые передавались городу, то сегодня эта цифра выросла до рекордных 60%. Застройщики теперь воспринимают строительство школ не как обременение, а как возможность повысить собственный статус и статус проекта.

В данной статье будет рассмотрено совершенствование организации работ при строительстве школы генподрядной организацией путем разработки проекта организации строительства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для грамотной реализации проекта, оптимизации издержек, исключения простоев, соблюдения технологии строительного производства необходима технологическая взаимосвязь всех операций. Разработка ПОС является основным методом по достижению вышеперечисленных целей, получению высоких технико-экономических показателей строительного производства и обеспечению должного качества строительства.

Рассмотрим организацию строительства на примере современной школы «Сколка», расположенной в Москве, на территории инновационного центра «Сколково».

Объект находится в городе Москве. Климат характеризуется как умеренно-континентальный с морозной, снежной зимой, влажным, относительно тёплым летом и хорошо выраженными переходными сезонами.

Здание общеобразовательной школы запроектировано в виде протяженного объема - четырехугольной призмы с волнообразным южным фасадом, размерами в осях 189,0 x 37,8 м. Объем имеет вытянутые пропорции по направлению запад-восток. Объемная композиция двухчастная, в первом этаже сосредоточены основные общественные

помещения, верхние этажи – учебные помещения. Этажность переменная, фасад со стороны университета «Сколтех» имеет наибольшую высоту. Северный фасад преимущественно глухой, представляет собой «экран» с акцентом на главный вход (рис. 1). Южный фасад максимально открыт, все основные помещения выходят на южную сторону, поддерживаются ландшафтными решениями участка (рис. 2).



Рис. 1. Северный фасад школы «Сколка»



Рис. 2. Южный фасад школы «Сколка»

Внутренний вид определяется пространственной организацией объекта, принципами открытости и проницаемости. Ключевыми решениями являются центральный атриум с амфитеатром, двухсветный объем главного вестибюля, верхний подсвет коммуникационных зон 3 этажа, остекление стен между классами и рекреациями.

Архитектурно-типологическая структура здания сформирована в соответствии с принятой функциональной моделью. Главным элементом, центром здания, местом встреч и отдыха, является атриум с размещенным в нем амфитеатром. Взаиморасположение атриума и помещений 1 этажа, где расположены специализированные классы и столовая, создает общественно-культурный центр школы (рис. 3).

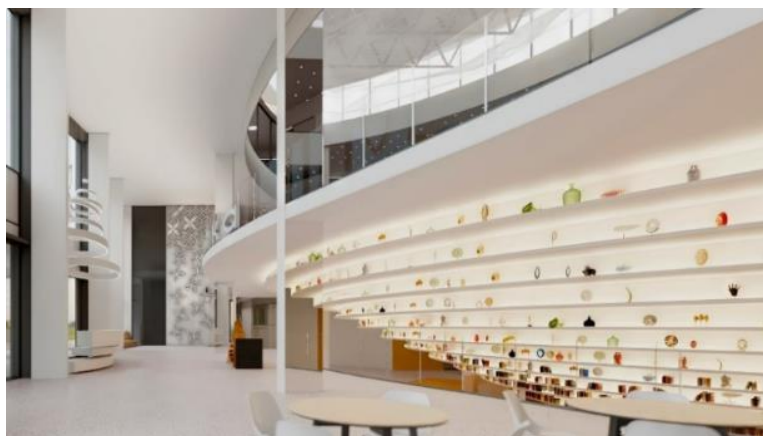


Рис. 3. Интерьер школы «Сколка»

Основные характеристики объекта:

- Площадь строительной площадки в границах участка – 16516,0 м²;
- Площадь застройки – 5270 м²;
- Общая площадь здания – 15598 м²;
- Надземная часть – 14914 м²;
- Подземная часть – 684 м²;
- Количество этажей – 4;
- Надземных – 3;
- Подземных – 1;
- Высота здания – 22,275 м;
- Количество мест – 825.
- Основные характеристики здания:
- Здание каркасное: монолитный ж/б и м/к;
- Перекрытия: монолитная ж/б плита 250мм;
- Лестнично-лифтовые узлы: монолитный ж/б;
- Фундамент: монолитная фундаментная ж/б плита;
- Перегородки: газобетонный блок, ГКЛ с минераловатным утеплителем, керамический кирпич;
- Фасад: вентилируемый фасад и витражи;
- Кровля: рулонное покрытие;
- Эксплуатируемая кровля с обсерваторией и перголой (рис. 4)

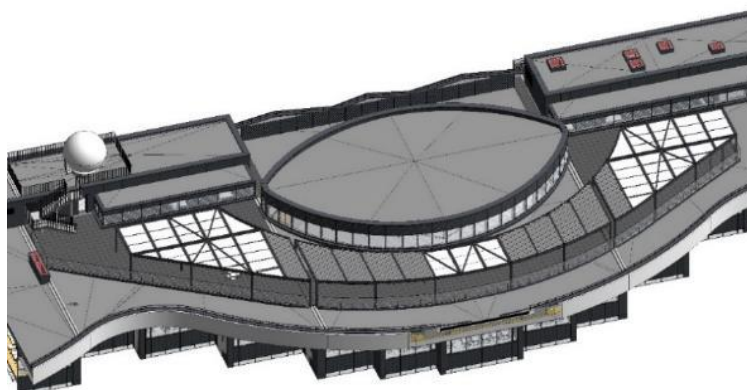


Рис. 4. Часть эксплуатируемой кровли с обсерваторией и перголой

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проект организации строительства — комплект проектных документов, определяющих порядок возведения объектов строительного комплекса, способы возведения зданий и сооружений, рациональное распределение объемов капитальных вложений, объемов строительно-монтажных работ по исполнителям и периодам строительства, а также потребность в основных материальных, трудовых и технических ресурсах по стройке в целом, отдельным зданиям и сооружениям комплекса и календарным периодам [1].

Проект организации строительства состоит из двух основных частей: графической и текстовой – пояснительная записка. На рисунке 5 приведена краткая схема состава ПОС.

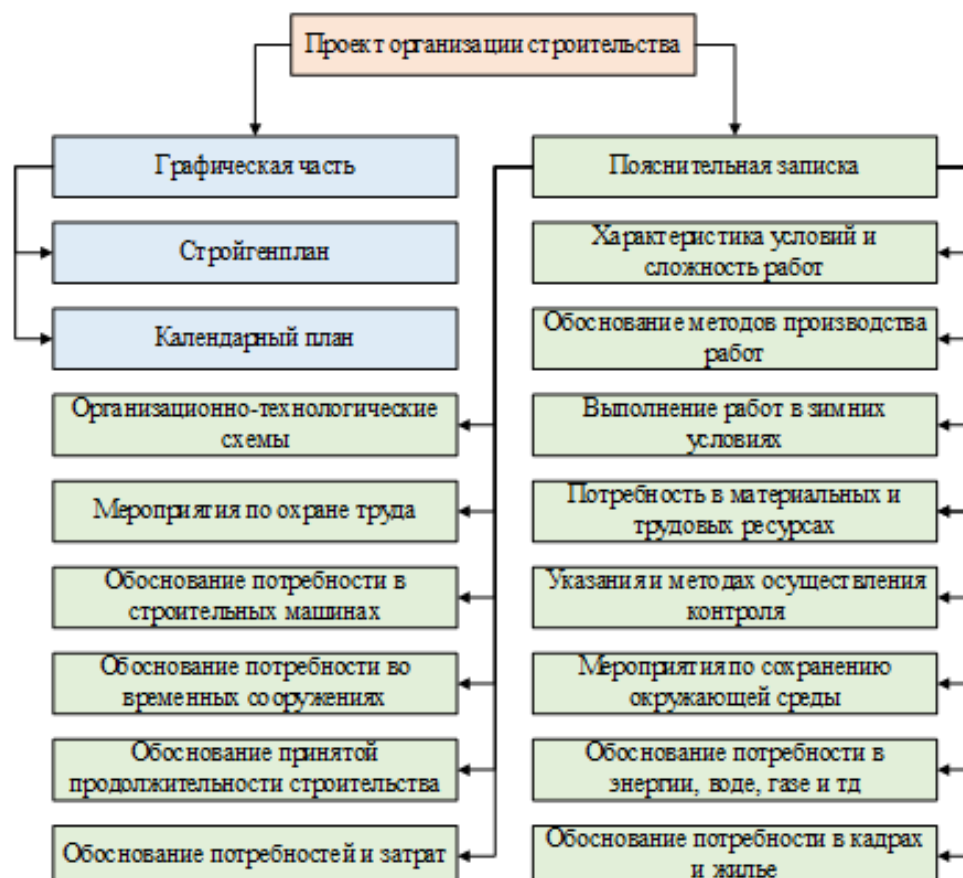


Рис. 5. Состав проекта организации строительства

Стройгенплан – важнейшая составная часть технической документации и основной документ, регламентирующий организацию площадки и объемы временного строительства. СГП предназначен для определения состава и размещения объектов строительного хозяйства в целях максимальной эффективности их использования и с учетом соблюдения требований охраны труда [2].

В результате исследования для построения стройгенплана была рассчитана потребность во временных зданиях и сооружениях на примере строительства школы в инновационном центре «Сколково». Полученные результаты представлены в таблицах 1-2.

Табл. 1. Ведомость потребности во временных зданиях на период строительства

№ п/п	Наименование	Тип	Размеры, м	Кол-во	Полезная площадь, м ²
1	Прорабская/диспетчерская	Блок-конт.	6,0х2,5	9	135,0
2	Гардеробная/сушилка	Блок-конт.	6,0х2,5	15	225,0
3	Помещения для отдыха и обогрева	Блок-конт.	6,0х2,5	2	30,0
4	Помещения для приема пищи	Блок-конт.	6,0х2,5	5	75,0
5	Душевая/умывальная	Блок-конт.	6,0х2,5	8	120,0
6	Пункт оказания первой медицинской помощи	Блок-конт.	6,0х2,5	2	30,0
7	Пост охраны	-	2,0х2,0	3	12,0
8	Уборная	«Биотуалет»	1,1х1,1	16	19,2

Табл. 2. Ведомость потребности во временных сооружениях на период строительства

№ п/п	Наименование	Тип	Размеры, м	Кол-во
1	Временная противопожарная стенка между бытовками, м ³	Блоки ФБС	-	44,0
2	Мойка для колес автомашин	«Мойдодыр»	2,5х6,0	2
3	Временный контейнер строительного мусора	Бункер 20м ³	-	16
4	Временный контейнер ТБО	Бункер 8м ³	-	5
5	Временное ограждение строительной площадки на ж/б блоках, п.м.	Тип 3Б Н1	-	572,0
	Временное ограждение строительной площадки на ж/б блоках, п.м.	Тип 3А Н	-	288,0
	Блоки опорные ж/б, шт.	-	2,0х0,6х0,4	490
6	Временные ворота, шт.	Ширина 6,0м	-	3
	Временная калитка, шт.	Ширина 1,2м	-	1
7	Временные дороги и площадки из ж/б плит на песчаном основании, м ²	Плита типа ПАГ-14 6х2,0х0,14 на песчаном основании	-	7730,0
	Песок, толщ. 100мм, м ³		-	773,0
	Срезка грунта толщ 150мм, м ³		-	1160,0
8	Временные площадки из ж/б плит на песчаном основании под установку бытовых помещений, м ²	Плиты типа ПДП 3х1,75х0,17 на песчаном основании	-	400,0
	Песок, м ³		-	40,0
	Срезка грунта толщ 150мм, м ³		-	60
9	Временные площадки складирования, м ²	Открытые	-	4500,0
	Временные закрытые склады, шт.	Блок-конт.	6,0х2,5	10
10	Арматурный цех, шт.	Навес	-	3
11	Прожектора временного освещения на инвентарных опорах, шт.	ПЗС-35/45 1000Вт	-	30
12	Пожарный щит, шт.	-	-	6
13	Информационный щит, шт.	-	-	2
14	Временные геодезические знаки, шт.	-	-	50
15	Временное защитное ограждение котлована, п.м.	-	-	530
16	Фундаментная плита башенного крана №1, м ³	-	6,25х6,25х1,35	53,0
	Фундаментная плита башенного крана №2, м ³		6,25х6,25х1,35	53,0
	Основание под самомонтирующийся башенный кран №3, м ³		6,0х6,0х0,2	7,5

Календарный план (КП) также является основным документом в составе проекта организации строительства [3].

Сводный общестроительный календарный план представлен на рисунке 6.

№ п/п	Наименование работ	Продолж., мес	Продолжительность работ (годы, месяцы)																							
			Год 1												Год 2											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Работы подготовительного периода, в т.ч. вынос инженерных сетей	2,0	■	■																						
2	Устройство ограждения участка котлована из стальных труб и шпунта	0,5			■																					
3	Разработка грунта общего котлована под здание и подпорную стену	1,5			■	■																				
4	Возведение подпорной стены, фундаментной плиты	2,0				■	■																			
5	Возведение конструкций подземной части, обратная засыпка	3,0					■	■	■																	
6	Возведение монолитных ж/б конструкций надземной части зданий	5,0						■	■	■	■	■														
7	Устройство кровли	4,5											■	■	■	■	■									
8	Устройство наружных ограждающих конструкций здания	4,0											■	■	■	■										
9	Внутренние специальные и отделочные работы	7,5																			■	■	■	■	■	
10	Наружные фасадные работы, монтаж витражей	5,0																			■	■	■	■	■	
11	Прокладка наружных инженерных коммуникаций	7,5																								
12	Благоустройство и озеленение территории	3,0																								

Рис. 6. Сводный календарный план строительства объекта

ВЫВОДЫ

Таким образом, разработка проекта организации строительства при возведении объектов образовательных учреждений решает ряд важных проблем в сфере организации строительства, а также помогает добиться оптимизации издержек проекта, исключения простоев на строительной площадке, соблюдения технологий строительного производства, получения высоких технико-экономических показателей и обеспечения высокого качества строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамян, С. Г., Бурлаченко О.В., Чердниченко Т.Ф. Организация, планирование и управление строительством / Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2019. – 342 с.
2. Дикман Л.Г. Организация строительного производства / Учебник для строительных вузов / М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 608 с.
3. Олейник П.П., Юргайтис А.Ю., Воронина Г.О., Макаренко А.В. Методы формирования и оптимизации календарных планов строительных предприятий // Технология и организация строительного производства. – 2017. - № 1(2). – С. 3-7.
4. Гайсина А.И. Проблемы и совершенствование организации проектных работ в строительстве / Фотинские чтения. – 2016. - № 1(5). – С 79-84.
5. СП 48.13330.2019. Свод правил. Организация строительства. Актуализированная редакция взамен СНиП 12-01-2004. Утвержден Минстроем России от 24.12.2019 №861/ПР: введен 25.06.2020. – Москва, Стандартинформ, 2020. – 70 с.
6. СТО НОСТРОЙ 2.33.52–2011 Организация строительного производства. Организация строительной площадки. Новое строительство» – ООО Издательство «БСТ – Москва 2012.
7. Официальный сайт школы «Сколка». Режим доступа: <https://skolca.ru/>. Дата обращения: 08.12.2023.

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПНОСТИ РЕСУРСОВ

Г.Г. Ялунин¹, И.А. Лаврентьев², С.И. Экба³

1,2,3 ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹g.ialunin@gmail.com

²ivan.lavrentev01@mail.ru

³ekba.s.ig@gmail.com

Аннотация

В настоящем исследовании представлен комплексный подход к повышению эффективности строительной деятельности при ограниченных ресурсах. Статья предлагает систему организационно-технических решений, включающую оптимизацию логистики, применение инновационных строительных материалов, внедрение Lean-подхода, социальную ответственность, учет экономической устойчивости проекта и использование цифровых технологий. Авторы рассматривают успешные строительные проекты как источник обобщенного опыта, предлагая практические шаги для достижения оптимального баланса между экономической эффективностью, экологической устойчивостью и социальной ответственностью. Научно-техническая гипотеза предполагает, что реализация предложенных решений приведет к созданию устойчивых объектов, снижению затрат и положительному влиянию на общественное благосостояние в контексте ограниченности ресурсов.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях постоянного изменения экономического ландшафта [1-3] и ограниченности строительных материалов в виду географического расположения площадки строительства, строительная отрасль вынуждена пересматривать подходы к реализации проектов зданий и сооружений. Научно-публицистическая статья «Особенности выбора организационно-технических решений при строительстве зданий и сооружений в условиях ограничения доступности ресурсов» нацелена на выработку комплексного подхода, который совмещает экономическую эффективность и экологическую устойчивость [4-5]. Целью исследования является повышение эффективности организации деятельности в строительстве зданий и сооружений в условиях ограничения доступности ресурсов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

1. Анализ успешных строительных проектов:

Метод: Систематический обзор и анализ публикаций в научных журналах, отчетов и кейс-стади успешных строительных проектов с учетом ограниченности ресурсов.

Материалы: Информация, предоставленная научными статьями, отчетами о проектах, историями успеха.

2. Исследование инновационных строительных материалов:

Метод: Литературный обзор, проведение экспериментов и анализ технических характеристик инновационных строительных материалов.

Материалы: Обзоры в научных изданиях, технические характеристики материалов, результаты лабораторных исследований.

3. Внедрение Lean-подхода и оптимизация процессов [6]:

Метод: Анализ текущих строительных процессов, применение методов Lean (Value Stream Mapping, 5S), оценка эффективности изменений.

Материалы: Данные о текущих процессах, результаты анализа Value Stream Mapping, статистика изменений.

4. Учет экономической устойчивости проекта:

Метод: Финансовый анализ, моделирование стоимости проекта в долгосрочной перспективе, прогнозирование экономических рисков.

Материалы: Финансовые отчеты, модели стоимости проекта, аналитические обзоры экономических показателей.

5. Применение цифровых технологий и BIM:

Метод: Внедрение технологии Building Information Modeling (BIM), использование цифровых инструментов для управления проектом и анализа данных [3].

Материалы: Результаты применения BIM, аналитика данных, отзывы участников процесса.

Данные методы обеспечивают системный и комплексный подход к исследованию, позволяя охватить различные аспекты строительной деятельности в условиях ограниченности ресурсов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для успешной реализации проекта строительства в условиях ограниченности ресурсов необходимо применять организационно-технические решения для строительства:

1. Оптимизация Логистики и Использование Местных Ресурсов:

- Организационно-технические решения (ОТР) для строительства зданий и сооружений в условиях ограничения доступности ресурсов;
- Оптимизация Логистики и Использование Местных Ресурсов;

2. Применение Инновационных Строительных Материалов:

- Повышение эффективности использования материалов и снизить экологический след [5];

3. Внедрение Lean-подхода и Оптимизация Процессов:

- Улучшить процессы строительства для минимизации потерь и избыточных затрат;
- Обеспечить непрерывное улучшение процессов с участием всего строительного персонала;

4. Учет Экономической Устойчивости Проекта

- Разработать финансовые стратегии, учитывающие колебания цен на ресурсы;
- Максимизировать эффективность затрат с учетом операционных расходов;

5. Применение Цифровых Технологий и BIM

- Повысить координацию, уменьшить отходы и снизить риски с использованием цифровых инструментов.

Перечисленные организационно-технические решения должны синергически взаимодействовать, обеспечивая устойчивое и эффективное строительство в условиях ограниченности ресурсов.

Результаты исследования подтверждают предположение о том, что комплексный организационно-технический подход в строительстве, разработанный для учета ограниченности ресурсов, способен существенно повысить эффективность строительных проектов. Анализ успешных строительных проектов выявил общие черты успеха, такие как инновационные строительные материалы, применение методологии Lean, социальная ответственность и цифровые технологии.

Внедрение Lean-подхода и оптимизация процессов существенно улучшили эффективность использования ресурсов и уменьшили временные затраты на строительство. Разработка стратегий социальной ответственности и вовлечение местного сообщества привели к улучшению социокультурных условий и усилили поддержку со стороны общества.

Использование инновационных строительных материалов подтвердило их роль в снижении общих затрат и улучшении экологической устойчивости проектов. Применение

цифровых технологий и BIM упростило управление проектом, улучшило координацию и сократило временные затраты.

В целом, результаты соответствуют научно-технической гипотезе, которая предполагала, что комплексный подход к строительству в условиях ограниченности ресурсов приведет к достижению оптимального баланса между экономической эффективностью, экологической устойчивостью и социальной ответственностью.

Понимание результатов требует осторожной интерпретации, учитывая контекст каждого конкретного проекта. Дополнительные исследования могут быть необходимы для более обширного анализа конкретных сценариев и обеспечения более широкой применимости предложенных решений в различных условиях строительной деятельности.

ВЫВОДЫ

В условиях постоянного развития и ограниченности ресурсов, строительная отрасль вынуждена взглянуть на свои традиционные методы и стратегии. На основе проведенного исследования организационно-технических решений в строительстве в условиях ограниченности ресурсов, можно сделать ряд общих выводов.

В целом, предложенные организационно-технические решения представляют собой ценный инструментарий для строительных компаний, стремящихся совместить экономическую эффективность, устойчивость и социальную значимость в своей деятельности. При этом, несмотря на положительные результаты, важно учитывать контекстуальные и локальные особенности каждого проекта и постоянно адаптировать методики к меняющимся условиям.

Сегодня, принятие новаторских организационно-технических решений становится необходимым условием для успешного выживания и развития в строительной индустрии. Эффективное внедрение предложенных стратегий обещает не только оптимизацию затрат и ускорение процессов, но и формирование более устойчивой, ответственной и социально ориентированной строительной отрасли в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экономическая эффективность девелоперских проектов по строительству жилой недвижимости и ESG факторы, Захматов Д.Ю., ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2022. Т. 19. № 8. С. 40-47.
2. Обучение бережливому производству: практический опыт на различных периодах развития, Иващенко С. А.
3. Оптимизация организационно-технических решений с применением BIM-технологий при реновации жилых зданий, Котов В.М., Экба С.И., Строительное производство. 2020. № 2. С. 10-16.
4. Современные критерии энергетически эффективного строительства, Романенко Е.Ю., книга: Инновационное развитие строительства и архитектуры: взгляд в будущее. сборник тезисов участников Международного студенческого строительного форума - 2017. 2017. С. 240-241.
5. Экологически эффективное строительство как одно из направлений устойчивого развития, Добрынина К.И., Егорова М.С., Проблемы экономики и менеджмента. 2015. № 5 (45). С. 43-46.
6. Улучшение эффективности производства с помощью Lean-метода, Евдокимов И.А. В сборнике: Наука и образование: от теории к практике. сборник статей Международной научно-практической конференции. УФА, 2023. С. 18-20.
7. Формирование организационно-технологических параметров эффективности возведения монолитных конструкций многоэтажных жилых зданий, Лapidус А.А., Степанов А.Е., Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 2 (92). С. 128-131.
8. Анализ организационно-технологических решений производственно-логистических процессов, Лapidус А.А., Сафарян Г.Б., Строительное производство. 2019. № 2. С. 5-8.
9. Организационно-технологические принципы реконструкции зданий и сооружений в условия сложившейся городской застройки, Чашина Т.В., Экба С.И., Строительное производство. 2019. № 2. С. 26-29.
10. Особенности принятия решений при организации реконструкции зданий, Экба С.И., Строительное производство. 2020. № 1. С. 22-26.

АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОЕКТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАКАЗЧИКА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТА ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

А.С. Мезенцев¹, О.З. Зекир-оглы², С.И. Экба³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹mezalex@mail.ru

²zekirogly99@bk.ru

³ekba.s.ig@gmail.com

Аннотация

Целью данной работы является выявление основных факторов, влияющих на отношение участников инвестиционно-строительной деятельности на различных этапах жизненного цикла объекта капитального строительства. Взаимодействие участников между собой играет огромную роль при реализации проекта. Актуальность выбранной темы подтверждают множественные ошибки во время строительства и частые сдвиги сроков строительства. В ходе исследования проведен сравнительный анализ в виде таблицы на тему влияния различных факторов проектирования и ошибок, выявленных в процессе строительства. Обсуждаемые вопросы: несвоевременная передача рабочей документации, несоответствие рабочей и проектной документации, различные механические ошибки в ходе выдачи рабочей документации, влияние сроков на качество выдаваемой рабочей документации. В заключении представлены рекомендации по минимизации проектных ошибок с целью увеличения качества проектирования и минимизации незапланированных расходов.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях текущей экономической ситуации в мире важно непрерывно совершенствовать различные отрасли, включая сферу жилищного капитального строительства. Это требует повышения эффективности взаимодействия между всеми участниками инвестиционного проекта.

На схеме изображены участники строительного процесса и их роли на разных стадиях жизненного пути строительного проекта [1]:



Рис. 1. Этапы жизненного цикла объекта капитального строительства

Как видно из таблицы, этап проектирование и строительство являются самыми ответственными во всем жизненном цикле, потому что на этих этапах максимальное количество участников.

Технический заказчик представляет собой юридическое лицо, назначенное застройщиком для заключения контрактов от его имени. Эти контракты охватывают выполнение инженерных изысканий, создание проектной документации, а также работы по строительству, реконструкции, капитальному ремонту или демонтажу строительных объектов [2].

Обязанности технического заказчика включают:

- Разработку технического задания для указанных видов работ.
- Обеспечение необходимыми ресурсами и документами организаций, занимающихся инженерными изысканиями, проектированием, строительством, реконструкцией, капитальным ремонтом или сносом зданий и сооружений.
- Согласование проектной документации и других необходимых документов для получения разрешения на ввод объекта в эксплуатацию.

В Российской Федерации, функции технического заказчика могут выполняться только уполномоченными членами саморегулируемых организаций, работающих в сферах инженерных изысканий, проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта или сноса строительных объектов.

Задачей **проектировщика** является создание проектно-сметной документации [7], которая включает в себя набор материалов в текстовой и графической форме для строительства, реконструкции или капитального ремонта зданий или их частей. Эта документация определяет архитектурные, функционально-технологические, конструктивные, а также инженерно-технические аспекты проекта.

Работы по созданию проектной документации в рамках договоров, заключенных с застройщиком, техническим заказчиком или лицом, отвечающим за эксплуатацию объекта, должны осуществляться индивидуальными предпринимателями или юридическими лицами. Эти исполнители должны быть членами саморегулируемых организаций в сфере архитектурно-строительного проектирования, как указано ранее.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С целью повышения качества взаимодействия технического заказчика и проектировщика проведен анализ основных ошибок и пути их решения. Сбор и анализ статистических данных с ошибками проектирования произведен на десяти строительных площадках города Москвы, где разные проектные организации, разные проектные команды технического заказчика и разные сроки строительства объектов.

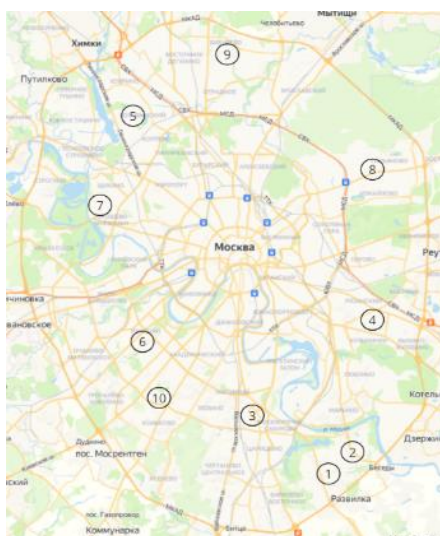


Рис. 2. Исследуемые объекты

На всех этих площадках присутствуют типовые замечания и ошибки проекта, которые подлежат детальному изучению. На этапе проектирования часто возникают ошибки, которые могут существенно повлиять на успешность и безопасность будущего строительства. Эти ошибки могут включать недооценку условий местности, что приводит к неправильному выбору конструктивных решений [9]. Также распространены случаи, когда требования и пожелания заказчика не учитываются должным образом, что может привести к несоответствию готового проекта ожиданиям. Ошибки в инженерных расчетах и несоблюдение строительных норм и стандартов могут иметь серьезные последствия для безопасности и функциональности здания. Нереалистичные оценки стоимости и времени, необходимого для реализации проекта, также могут вызвать значительные финансовые и временные издержки. Кроме того, недостаточная детализация проектных документов и неучет возможных будущих расширений или изменений ограничивают эффективность проекта.

Взаимодействие технического заказчика и проектировщика регламентируются Федеральным законом "Градостроительный кодекс Российской Федерации." от 29.12.2004 No 190-ФЗ, статья 48. [3].

В основу анализа взяты построенные жилищные объекты крупных застройщиков. При проектировании этих домов проектировщики руководствуются СП 54.13330.2022 «СНиП 31-01-2003 Здания жилые многоквартирные» [4]. В этом документе описаны все действующие нормативы, которые необходимо использовать при проектировании в обязательном или рекомендательном характере.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Типичные ошибки проектировщиков можно охарактеризовать несколькими факторами: нехватка рабочего времени, большая загруженность объемом работ, невнимательность (человеческий фактор), несогласованность разделов. Задача главного инженера организации по проектированию грамотно организовать работу отделов всех направлений, проверить на коллизии и выдать готовый и качественный продукт. Зачастую этого не получается и ошибки стадии проектирования приходится исправлять уже непосредственно во время строительства объекта или во время итоговой проверки, когда принимающий Надзорный орган принимает объект по стадии П.

Контроль выдачи рабочей документации в строительстве обеспечивает, что все необходимые документы соответствуют установленным стандартам, проходят тщательную проверку и одобрение, и доступны для всех участников проекта. Это включает обновление и внесение изменений в документы при необходимости, а также гарантирование их конфиденциальности и безопасности. Такой контроль помогает предотвращать ошибки в строительстве и способствует более эффективному управлению проектом, соблюдая при этом все законодательные требования.

Ниже представлена таблица с типовыми ошибками и пути их решения:

Табл. 1. Типовые замечания к проектной организации

№ п/п	Проблематика	Причина проблемы	К чему приводит	Путь решения
1	Разделы «накладываются» друг на друга. Пересечение инженерных сетей	Проектировщики разных разделов не наладили связь между собой	Переделки на объекте. Занимает время и дополнительные незапланированные затраты	Развивать отечественные BIM продукты, исключая данные коллизии
2	Физические ошибки. К примеру, высотная отметка дана +1.500 вместо +2.500	Невнимательность проектировщика	Переделки на объекте. Занимает время и дополнительные незапланированные затраты	Внимательно проверять разделы перед выдачей документации в производство работ
3	Неучтенные объемы работ. К примеру, не зафиксирована в ведомости работ длина кабеля или маркировка клипс	Нехватка времени у проектировщиков	Некоторые позиции очень долгий срок поставки, необходимо знать заранее всю маркировку и количество	Дополнительная проверка всей спецификации
4	Отсутствующие технологические отверстия в железобетонных конструкциях	Невнимательно получили задание от коллег смежного раздела	Бурение и резка бетона на месте. Дополнительные затраты на эти виды работ, а также усиление конструкции	Своевременно проверить все технологические отверстия в проекте
5	Несвоевременная выдача изменений проектов	Возникли неучтенные и непредвиденные работы	Несвоевременная передача измененных проектов приводит к большому количеству дополнительных (зачастую демонтажных) работ	Своевременно уведомлять всю проектную группу Заказчика об изменениях в проекте
6	Несоответствие разделов ПД и РД	Невнимательное изучение раздела ПД при выдаче рабочей документации	Приводит к корректировке [3] ПД, в лучшем случае. В худшем случае повторное прохождение экспертизы, в случае невозможности устранения замечания	Доскональное изучение всей проектной документации проектировщиком

Как видно из таблицы, к каждой проблематике есть путь решения. Очень важно контролировать выдачу рабочей документации не только на стадии проектирования, но и на стадии строительства. Поэтому авторский надзор [5] – это немаловажный инструмент для минимизации ошибок.

Цель авторского надзора на строительной площадке заключается в обеспечении соответствия строительства проектной документации, разработанной автором или группой

авторов. Авторский надзор направлен на контроль за тем, чтобы строительные работы выполнялись в точном соответствии с замыслом проекта, включая архитектурные особенности, конструктивные решения и выбор материалов. Он также помогает в адаптации проекта к возникающим на практике условиям, обеспечивая тем самым качество и долговечность конечного строительного объекта.

В своей статье «Информационное моделирование зданий как фактор риска проекта» [6] Лапидус Азарий Абрамович ярко выделяет значимость BIM технологий в проектировании. Внедрение BIM может привести к улучшению качества проектирования и строительства, сокращению сроков и затрат на проекты.

Болотова А.С. в своей статье «Проблемы внедрения технологии информационного моделирования в России» [8] перечисляет трудности, с которыми сталкиваются BIM технологии в нашей стране. Проблемы серьезные и ощутимые, но концепция информационного моделирования зданий имеет тенденцию к развитию.

ВЫВОДЫ

Ошибки бывают разные, как человеческие от нехватки времени, так и от незнаний или ненастроенной коммуникации между участниками строительства. Ниже разобрана каждая ошибка с предложением по оптимизации всего процесса:

- нехватка времени специалистов. Зачастую у проектировщиков большая нагрузка, большое количество объектов. От этого возникают физические ошибки. Необходимо не перегружать количеством объектов, чтобы у специалиста возможность лишней раз проверить рабочую документацию перед выдачей в производство работ.

- недостаточная компетенция. Для обеспечения качественного проектирования необходимо, чтобы проектировщик видел в живую и понимал, что он проектирует. Необходимо один-два раза в месяц проектировщику посещать объект, который он ведет. Это очень благотворно повлияет на продуктивность работы.

- несвоевременная выдача изменений. Для оперативного взаимодействия между проектировщиком и заказчиком необходимо организовать выдачу документации электронно с уведомлением всех участников. В электронном документообороте будет отслеживаться дата выдачи документации, раздел, в котором произошли изменения и уведомлены все заинтересованные участники.

На основании вышесказанного, можно сделать вывод, что перечисленные и многие другие ошибки проектных организаций, которые имеют место быть в настоящее время – решаемы. Где-то это решается путем выделения дополнительного времени на разработку документации, а где-то необходимо корректировать действующие законодательства в строительстве. Необходимо сделать так, чтобы на каждую проектную организацию нагрузка в соответствии с численностью персонала, это сведет к минимуму перегрузку специалистов и передаст на стройку более качественную и проверенную рабочую документацию для производства работ

БЛАГОДАРНОСТИ

Хочу выразить большую благодарность специализированному застройщику ПИК за возможность работать в этой крупной компании профессионалов и решать интересные задачи, приобретая бесценный опыт работы в сфере технического заказчика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондратьев В.А., Егорова В.В. Участники процесса строительства и обеспечение их функций (передовой зарубежный и отечественный опыт) // Строительное производство 2019 №3. МГСУ.
2. ОРГАНИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗАСТРОЙЩИКА И ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАКАЗЧИКА // СТО СРО-Г 60542954 00023–2023Х.
3. Федеральный закон "Градостроительный кодекс Российской Федерации" от 29.12.2004 № 190-ФЗ.
4. СП 54.13330.2022 «СНиП 31-01-2003 Здания жилые многоквартирные».
5. СП 246.1325800.2016 ПОЛОЖЕНИЕ ОБ АВТОРСКОМ НАДЗОРЕ ЗА СТРОИТЕЛЬСТВОМ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.

6. Лapidус А.А., Чапидзе О.Д., Ратомская В.С. Информационное моделирование зданий как фактор риска проекта // журнал Строительное Производство, МГСУ, 2023 №3.
7. Постановление Правительства РФ от 28 мая 2021 г. N 815 "Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений", и о признании утратившим силу постановления Правительства Российской Федерации от 4 июля 2020 г. N 985" (с изменениями и дополнениями)
8. Болотова А.С., Маршавина Я.И. Проблемы внедрения технологии информационного моделирования в России // журнал Строительное Производство, МГСУ, 2021 №2.
9. Экба С.И., Выбор параметров организационно-технологических решений этапов жизненного цикла объектов жилищного строительства // журнал Строительное Производство, МГСУ, 2021 №4

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

С.В. Сластин¹, А.Н. Маринин²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», 625000, Уральский федеральный округ, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38,

¹slastin_semen@mail.ru

²a-marinin@yandex.ru

Аннотация

В данной статье предлагается использование инновационных технологий при строительстве, таких как датчики мониторинга, беспилотные летательные аппараты и беспилотные водные эхолоты. Датчики мониторинга играют важную роль в сборе данных о состоянии мостовых сооружений, таких как напряжения, деформации, вибрации и другие параметры. Эти данные позволяют оперативно выявлять возможные дефекты и проблемы, что способствует более раннему их устранению и предотвращению возможных аварий. Беспилотные аппараты используются для контроля за выполнением строительных работ и обнаружения потенциальных дефектов. Они могут осуществлять полеты в труднодоступных местах и оснащены специальными сенсорами для сбора данных. Эти данные затем передаются в систему мониторинга, где проводится анализ их соответствия проектным параметрам. Беспилотные водные эхолоты представляют собой специальные устройства, которые используются для измерения глубины и состава дна водоемов. Эхолоты позволяют оперативно обнаруживать любые изменения глубины и состава грунта, а также выявлять возможные проблемы, связанные с несущей способностью грунтов. Использование данных от датчиков мониторинга, беспилотных летательных аппаратов и беспилотных водных эхолотов в системе мониторинга строительства мостов позволяет более точно и объективно оценивать состояние и безопасность мостовых сооружений, а также своевременно выявлять и предотвращать возможные проблемы, что в конечном итоге способствует повышению качества и долговечности сооружений.

ВВЕДЕНИЕ

Контроль качества строительно-монтажных работ – это комплекс мер, нацеленных на соблюдение тех норм и стандартов, которые являются необходимыми для соответствия результата проведения строительно-монтажных работ требованиям и пожеланиям заказчика.

Мостовые сооружения являются сложными инженерными конструкциями, включающими множество различных элементов, таких как пролетное строение, проезжая часть, опоры и др. Их возведение требует огромных затрат времени, усилий и материалов. Однако, как и любая другая конструкция, мосты подвержены воздействию различных факторов, которые могут привести к их повреждению или даже разрушению [1].

В современном строительстве системы мониторинга становятся все более популярными и востребованными и представляют собой инновационный подход к контролю и управлению строительными процессами, позволяющий эффективно наблюдать и контролировать различные параметры и показатели строительства в режиме реального времени [2, 3]. Также они позволяют повысить эффективность и безопасность строительства, сократить риски возникновения аварийных ситуаций, улучшить качество и долговечность сооружений. Такие системы могут помочь сократить затраты на строительство и обслуживание сооружения, а также оптимизировать использование ресурсов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для обеспечения безопасности и долговечности мостов требуется внимательный мониторинг всего процесса строительства и последующей эксплуатации. Именно здесь приходит на помощь система мониторинга СМР (система мониторинга строительно-монтажных работ), которая позволяет в реальном времени отслеживать различные параметры и состояние моста.

Одним из основных компонентов такой системы является датчики мониторинга, которые устанавливаются на различных участках моста. Они измеряют такие параметры, как нагрузка, деформация, скорость ветра, температура и другие. Все собранные данные передаются в центральную систему, где их можно анализировать и принимать необходимые решения.

Одно из преимуществ цифровых технологий в системе мониторинга СМР – это возможность получить доступ к данным в режиме реального времени. Это позволяет оперативно реагировать на любые отклонения от нормы и принимать меры для предотвращения возможных повреждений или аварий. Кроме того, система мониторинга позволяет автоматизировать процессы контроля и снизить риск человеческого фактора. Вместо того, чтобы полагаться на оценку работников, система анализирует данные и дает объективную оценку состояния моста.

Еще одним преимуществом такой системы является ее гибкость и масштабируемость. В зависимости от потребностей и особенностей конкретного моста, систему мониторинга можно настроить под нужные параметры и добавить дополнительные датчики при необходимости.

Также следует отметить, что система мониторинга позволяет сократить затраты на техническое обслуживание и ремонт моста. Благодаря своевременному выявлению потенциальных проблем и предотвращению их развития можно существенно увеличить срок службы моста, а также снизить стоимость его эксплуатации. Во многом это происходит в результате внедрения всевозможных инновационных технологий и обучения специалистов работе с ними [4, 5].

Тем не менее, необходимо отметить, что внедрение системы мониторинга СМР на базе инновационных цифровых технологий требует значительных инвестиций. Необходимо приобрести и установить датчики мониторинга, создать центральную систему обработки данных, а также обучить персонал работе с такой системой. Однако в долгосрочной перспективе эти затраты окупятся благодаря продлению срока службы моста и сокращению ремонтных работ.

Еще одним способом слежения за состоянием конструкций является внедрение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). В городе Екатеринбург ежегодно проходит международный строительный форум и выставка «100+ TechnoBuild» [6, 7]. Например, на стенде от Федерального бюджетного учреждения «Федеральный центр строительного контроля» (ФБУ «РосСтройКонтроль») [8] можно было наблюдать много разных инноваций для контроля качества СМР. К примеру, эксплуатируемый БПЛА (рис. 1).



Рис. 1. Беспилотный летательный аппарат «РосСтройКонтроль» на выставке «100+ TechnoBuild» [6-8]

Дроны могут стать ключевым компонентом цифровой трансформации строительных компаний согласно опыту зарубежных и отечественных застройщиков. Использование беспилотных аппаратов значительно ускоряет и упрощает рабочий процесс [8]. Среди основных преимуществ внедрения БПЛА можно выделить следующие:

Качественное планирование. Для начала разработки проекта строительства любого объекта необходимо тщательно исследовать территорию, на которой будет располагаться стройплощадка. Исполнение изыскательных работ как на земле, так и под водой может занять значительное время, требовать большого количества сотрудников, а также представлять физическую опасность, особенно в зависимости от размера и рельефа территории. Однако, использование беспилотных летательных аппаратов для создания топографических планов является безопасным и эффективным подходом. Всего один беспилотник способен собрать точную информацию, которая будет использоваться в основе всего проекта. При помощи беспилотных летательных аппаратов можно осуществить высокоточное картографирование и съемку территории, включая местность как на суше, так и под водой. Беспилотные аппараты оборудованы специальными сенсорами и камерами, которые позволяют собирать различные данные, такие как высота рельефа, глубина водоемов, наличие растительности и другие характеристики окружающей среды.

Улучшенная координация. Информация, получаемая с помощью беспилотных летательных аппаратов, не ограничивается только первоначальными топографическими исследованиями. Используя дроны для сбора данных в режиме реального времени, можно иметь доступ к детальной и постоянно обновляемой "дорожной карте" проекта, а также обеспечивать данной информацией все отделы компании.

Безопасность работников. До использования дронов застройщики были вынуждены самостоятельно выбирать участок для строительства и проводить оценку всех возможных рисков, вовлекая большое число сотрудников в этот процесс. Однако, чтобы избавить рабочих от необходимости подниматься на высотные объекты и преодолевать сложный рельеф, застройщики могут применять дроны, которые смогут выполнять всю работу из воздуха, не подвергая здоровье людей риску.

Использование беспилотных летательных аппаратов на строительных площадках стало практически обязательным, независимо от размера строящегося объекта и количества людей, занятых на нем. Ниже приведен лишь предварительный перечень основных возможных областей применения дронов:

Проектно-изыскательные работы и 3D-моделирование. На самом раннем этапе строительства архитекторы получают возможность создавать точные 3D-карты на основе

снимков, сделанных беспилотными летательными аппаратами с высоты птичьего полета. Более того, использование дронов позволяет регулярно обновлять эти карты, чтобы все отделы и бригады оставались в курсе происходящего. Постоянный мониторинг строительного процесса помогает избежать возможных рисков и позволяет сравнивать выполнение проекта с фактической ситуацией на стройплощадке, что в свою очередь позволяет вносить соответствующие коррективы в планы, при необходимости.

Подсчет остающихся ресурсов. Точный учет имеющихся строительных материалов позволяет эффективнее управлять оборудованием. Благодаря применению фотограмметрии или лидаров можно значительно ускорить рабочий процесс. Предоставление точной информации о количестве оставшихся строительных материалов (и их местонахождении) существенно упрощает логистику.

Контроль оборудования. Кроме мониторинга объема строительных материалов, строительные бригады могут также использовать аэрофотосъемку и схемы для контроля перемещений крупного оборудования. Своевременная информация о местоположении техники обеспечивает безопасность работников и сохранность самого оборудования.

Цифровые двойники. Процесс создания цифровой копии строящегося здания или более обширной территории заключается в разработке комплексной 3D-модели, которая будет периодически обновляться в процессе строительства. Такая модель облегчает архитекторам оценивать соответствие объекта установленным нормам и регламентам, а также выявлять потенциальные отклонения от исходного проекта. Цифровые аналоги значительно упрощают планирование и могут использоваться не только при строительстве новых объектов, но и при реставрации старых или поврежденных.

Информационное моделирование строительных объектов (BIM). В ходе информационного моделирования зданий процесс сопровождает строительство физического объекта. Застройщики имеют возможность сопоставлять реальные снимки, полученные с помощью дронов и содержащие пространственные данные, с предварительными моделями в формате BIM. С применением лидаров беспилотники могут собирать информацию даже о внутренней инфраструктуре разрабатываемых объектов. Эти сведения затем могут быть интегрированы в BIM-модель.

Инспекции безопасности. За счет проведения аэроинспекций, выполняемых с высоты птичьего полета, застройщики смогут эффективнее контролировать опасные зоны и исключить риски для своих рабочих. Применение профессиональных беспилотников позволяет систематически проверять определенные объекты на строительной площадке, минимизируя влияние человеческого фактора.

Общее планирование и координация. Не каждое применение дронов в строительной сфере можно отнести к определенной категории. Многофункциональность беспилотных систем является одним из их основных преимуществ. В любой момент, когда строительному руководителю требуется дополнительная пара глаз, наличие беспилотного аппарата на строительной площадке позволяет ему быстро запустить дрон в воздух и получить новую перспективу на объект. Такая работа становится более эффективной.

Еще одним вариантом внедрения инновационных технологий для контроля качества при строительстве мостов – катер-эхолот (рис. 2).



Рис. 2. Беспилотный водный эхолот «РосСтройКонтроль» на выставке «100+ TechnoBuild» [6-8]

Во время построения глубоководных карт широкое применение находят эхолоты, которые решают различные задачи для обеспечения безопасности плавания, выбора оптимальных маршрутов прокладки кабелей связи, трубопроводов, а также при проведении исследовательских работ при строительстве портовых сооружений и других объектов. В этих акустических системах используется специальная конструкция приемо-передающей антенны, а также обработка эхо-сигналов, которые позволяют получить много (более сотни) узких лучей. Они располагаются веером вбок от линии движения антенны, обычно установленной на судне [9,10].

ВЫВОДЫ

Использование инновационных технологий и передовых средств мониторинга в строительстве мостов является крайне важным для обеспечения их надежности, безопасности и долговечности. Эффективное использование данных от средств мониторинга обеспечивает более точную оценку безопасности и состояния мостовых сооружений, а также позволяет оперативно реагировать на возможные проблемы. Такой подход способствует увеличению качества строительства и гарантирует более долговечные мостовые сооружения. Интеграция инновационных технологий в системы мониторинга является важным шагом в развитии строительной отрасли. Она позволяет оптимизировать процессы, снизить риски и улучшить безопасность сооружений. Результаты и преимущества такого подхода являются основой для дальнейших исследований и внедрения новых технологий в строительство мостов и других инфраструктурных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Овчинникова Т. С.* Коррозия и антикоррозионная защита железобетонных мостовых конструкций / Т. С. Овчинникова, А. Н. Маринин, И. Г. Овчинников // Интернет-журнал Науковедение. – 2014. – № 5(24). – С. 11.
2. *Овчинников И. Г.* Прочностной мониторинг мостовых сооружений и особенности его применения. Часть 1. Международный и отечественный опыт применения мониторинга / И. Г. Овчинников, И. И. Овчинников, О. И. Нигаматова [и др.] // Транспортные сооружения. — 2014. — Т 1. — № 1. — URL: <https://t-s.today/PDF/01TS114.pdf>. — DOI: 10.15862/01TS114. (дата обращения: 12.12.2023).
3. *Овчинников И. Г.* Прочностной мониторинг мостовых сооружений и особенности его применения. Часть 2. Непрерывный мониторинг состояния мостовых сооружений / И. Г. Овчинников, И. И. Овчинников, О. И. Нигаматова [и др.] // Транспортные сооружения. — 2014. — Т 1. — № 2. — URL: <https://t-s.today/PDF/01TS114.pdf>.

- s.today/PDF/01TS214.pdf. — DOI: 10.15862/01TS214. (дата обращения: 12.12.2023).
4. *Маринин А. Н.* Поиск новых технологий в транспортном строительстве / А. Н. Маринин // Материалы Международной научно-технической конференции "Инновационные технологии при проектировании, строительстве и эксплуатации транспортных сооружений", 4-6 октября 2010 г., Сочи. – Саратов : КУБиК, 2010. – С. 86-94.
 5. О поиске новых методов подготовки инженеров путей сообщения, основанных на применении современных информационных технологий / И. Г. Овчинников, А. Н. Маринин, И. И. Овчинников, А. Г. Желнов // Актуальные вопросы строительства: Материалы Международной научно-технической конференции: в 2 частях, Саранск, 01 января – 31 2008 года. Том Часть 2. – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2008. – С. 426-429.
 6. Международный строительный форум и выставка / [Электронный ресурс] // 100+ TechnoBuild: [сайт]. — URL: <https://forum-100.ru/> (дата обращения: 04.12.2023).
 7. Топ-11 самых интересных стендов 100+ TechnoBuild // 100+ JOURNAL. Строительство. Архитектура. Городская среда. – 2023. – декабрь. – С. 38-43
 8. Федеральное бюджетное учреждение «Федеральный центр строительного контроля» «РосСтройКонтроль» / [Электронный ресурс] // ФБУ «РосСтройКонтроль»: [сайт]. — URL: <https://fc-rsk.ru/> (дата обращения: 04.12.2023).
 9. *Просвирина Н. В.* Анализ и перспективы развития беспилотных летательных аппаратов // Московский экономический журнал. 2021. – №10. – С.560-575.
 10. Технические характеристики эхолотов для изыскательных работ при строительстве / [Электронный ресурс] // Буровой портал: [сайт]. — URL: <https://www.drillings.ru/eholot/> (дата обращения: 04.12.2023).

ТЕНДЕНЦИИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

Н.А. Солопова¹, В.В. Зюзина²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*ushanovan@mail.ru*

²*jemchugina.777@mail.ru*

Аннотация

В статье проведена оценка состояния строительной индустрии согласно официальным источникам. Строительная индустрия включает строительную отрасль и промышленность строительных материалов. Выявлены основные тенденции инновационного развития строительной индустрии: интегрирование новейших технологий, использование принципов «зелёного» строительства, методы модульного, каркасного ведения строительных работ, использование технологий реконструкции и модернизации заброшенных и старых объектов, строительство объектов с использованием строительных материалов изготовленных из твёрдых коммунальных отходов.

ВВЕДЕНИЕ

Строительная индустрия базируется на строительной отрасли и промышленности строительных материалов. Основными видами экономической деятельности строительной индустрии помимо строительства выделяют производство строительных материалов и их реализация, производство машин, оборудования, техники для строительных компаний [1]. Строительную индустрию составляет совокупность строительных организаций и предприятий по производству строительных материалов, изделий и конструкций [4]. Также, предприятия стройиндустрии осуществляют комплексное обеспечение процесса строительства зданий, сооружений, конструкций, коммуникаций (сети электроснабжения, теплоснабжения, газоснабжения, водоснабжения, водоотведения, канализации, транспортно-дорожного комплекса и инженерное благоустройство городских и сельских территорий).

Стабильные и растущие показатели строительной деятельности определяют вектор развития строительной отрасли. Согласно научным источникам, факты развития строительной отрасли создают динамичные изменения в стройиндустрии и обеспечивают рост экономических показателей страны [3].

Актуальность изучения тенденций инновационного развития предприятий строительной сферы обусловлена непрерывной изменчивостью отраслей и внедрению новейших технологических решений в процессы деятельности. Инновационное развитие стройиндустрии обеспечено внедрением инноваций в деятельность предприятий промышленности строительных материалов и строительных организаций.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Согласно данным Росстата, в общем объеме ВВП РФ строительная отрасль стабильно занимает долю от 4 до 6 процентов. Так, в 2022 году была зафиксировано 4,7 % - доля строительной деятельности в ВВП России. Индекс физического объема ВВП и валовой добавленной стоимости в 2022 году вырос на 5% по сравнению с соответствующим периодом прошлого года.

При этом, и с точки зрения конечного потребителя, ремонт, строительство жилья и других построек является очень востребованным. Данными Росстата подтверждено, что доля строительства в объеме бытовых услуг на 2022 составляет 24,1% (356453,3 млн. руб.), занимает второе место в общем объеме оказанных услуг населения. И объёмы строительства ежегодно увеличиваются.

Согласно статистическим показателям выполненных работ по виду деятельности «строительство» в фактических ценах растут. К 2019 году 9 132,2 млрд. рублей, далее к 2020 году – 9 553,1 млрд. рублей, к концу 2021 года – 10 791, 6 млрд. рублей [2].

Также, в настоящее время увеличиваются количественные показатели численности работников строительной деятельности. В 2021 году среднегодовая численность занятых в строительстве выросла на 5,5 %, что составило 6496,3 тыс. человек.

Среднемесячная заработанная плата выросла. Так, по данным Росстата к 2019 году зафиксирован рост оплаты труда в строительных организациях на 10,7%, что составляет 42 630 рублей. В 2020 году – 44 738 рублей (4,9%) и в 2021 году – 51 944 рублей (16,1%). [2].

Соответственно, на фоне всего вышеперечисленного: рост объёма работ по виду деятельности «строительство» в фактических ценах, увеличение численности работников строительной деятельности, увеличение фонда оплаты труда в строительных организациях и изменение налоговых выплат заставляет предприятия вести инновационную деятельность для сохранения динамического развития и удовлетворения спроса потребителей.

Промышленные предприятия имеют различные продукты своей деятельности, в связи с чем, появляется возможность определить их в группы. Промышленные предприятия, производящие железобетонные и металлические конструкции, а также, следующие полуфабрикаты и заготовки: бетон, арматура, деревянные изделия, узлы и элементы для проведения теплотехнических и электротехнических работ для строительных организаций определены первой группой.

Далее, промышленные предприятия, самостоятельно производящие строительные и отделочные материалы, отнесены к второй группе. В третью группу включены специализированные предприятия, обеспечивающие строительную отрасль лифтами, подъёмно-транспортным оборудованием и контрольно-измерительной аппаратурой. Таким образом, совокупность предприятий, объединённых назначением выпускаемой продукции, представляет собой отрасль промышленности, направления деятельности которой, входят в строительную индустрию.

Отрасль промышленности строительных материалов включает в себя следующие виды экономической деятельности: добыча полезных ископаемых; обрабатывающее производство; обеспечение электрической энергией, газом и паром: кондиционирование воздуха; водоснабжение, водоотведение, организация сбора и утилизация отходов, деятельность по ликвидации загрязнений. К строительной индустрии непосредственное отношение имеют добыча полезных ископаемых и обрабатывающее производство.

Изучив данные Росстата «Промышленное производство в России – 2021 год», в таблице 1 представлены основные показатели работы организаций добывающих и обрабатывающих производств.

Табл. 1. Основные показатели обрабатывающего и добывающего производства в строительной индустрии

Показатель	Обрабатывающее производство		Добывающее производство	
	2019	2020	2019	2020
Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами, млрд руб.	47436	47483	18324	14499
Индекс производства, в процентах к предыдущему году	103,6	101,4	103,4	93,4
Среднегодовая численность работников организаций, тыс. человек	6795,4	6684,5	1012,2	1012,4
Сальдированный финансовый результат (прибыль минус убыток) млн руб.	4202262	3674653	3359277	3331088
Рентабельность проданных товаров, продукции (работ, услуг), процентов	11,5	11,6	28	21,9
Затраты на 1 рубль продукции (работ, услуг), коп.	82,8	88,5	76,7	82,4

Согласно данным Росстата в 2019-2022 году наблюдалось незначительное сокращение объемов производства строительных материалов для индустрии строительства. Снижение обусловлено приостановкой деятельности большого количества обрабатывающих и добывающих предприятий в период пандемии в 2020 году. Стоит отметить, что процент снижения не достигает критического показателя. В связи с чем, прирост темпов введенного жилья на территории РФ в 2021 году увеличился на 12,7%, а в 2022 году на меньший процент – 11%. Соответственно, рост по показателям ввода жилья зафиксирован, но процент прироста в 2022 году ниже, чем в 2021 [2].

Основные тенденции, обеспечивающие разрешение множества проблем индустрии строительства и способствующие её развитию, частично рассмотрены в «Стратегии развития строительной отрасли до 2030 года» (далее – Стратегия 2030) [4]. Тенденции использования новейших технологий, воспитания конкурентоспособности среди производственной среды строительной индустрии, цифровизации и повышения квалификации сотрудников обеспечивает вектор развития до 2030 года [4].

Строительной индустрии необходимо следовать формированию тенденций, которые способны обеспечивать исполнение «Стратегии развития строительной отрасли до 2030 года». Согласно данным Стратегии 2030 при достижении некоторых показателей положительного тренда в строительной индустрии становится возможно увеличить ежегодные объёмы жилищного строительства на 30% согласно данным таблицы 2 [5].

Табл. 2. Показатели объемов строительства и обеспеченности жильём на современном этапе и в перспективе при следовании положительной тенденции согласно Стратегии 2030 на 2022-2024 годы.

Показатель	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Отклонение, %
Объём жилищного строительства, млн м ²	75,7	104	120	58,5%
Объём многоквартирного жилья, млн м ²	127,5	151	168	31,8
Показатели обеспеченности жильём, м ²	25,8	26	30	16,3

Анализируя данные таблицы 2 и подводя итоги, стоит отметить, что планируемый рост показателей объёмов строительства и обеспеченности жилой площадью к 2024 году, возможно, превышен в связи с нестабильностью российской экономики в настоящее время. Но, при существовании положительной тенденции инновационного развития стройиндустрии и при внедрении инновационных решений в деятельность предприятий строительной отрасли и промышленности строительных материалов увеличивается возможность в достижении прогнозируемых показателей.

Инновационным развитием предприятий является непрерывное совершенствование технического оснащения для производства продукта (оборудование, станки, машины, спецтехника, конструкций, установки и др.), ресурсов (сырьё, высококвалифицированный персонал, инвестиционные активы), этапов производства и инструментов реализации (закупка сырья, логистика, процесс изготовления, маркетинг, упаковка продукции, способы реализации) а также, способов воздействия на продукт (технология, научный подход, организация производства, планирование работ, использовании стратегии управления). Инновационное развитие стройиндустрии основано на внедрении в какой-либо этап деятельности строительной организации или предприятия промышленности строительных материалов достижений науки и техники и в применении достижений научно-технического прогресса создании продукта.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Стоит отметить, что строительная индустрия имеет взаимосвязь с другими отраслями экономики, соответственно, это требует от неё непрерывного повышения эффективности. Изучив тренды строительной сферы и промышленности, автором были выделены некоторые тенденции, которые активно используются на предприятиях строительной индустрии в настоящее время.

На современном этапе, огромное внимание при возведении объектов уделяется экологическим конструкциям, так называемым «зелёным» зданиям. Таким образом, тенденция ведения зелёного строительства обеспечивает использование ресурсосберегающих методов, например, вторичная реконструкция или повторное использование отходов для возведения новых конструкций. На предприятиях стройиндустрии данные методы повышают уровень экологичности, способствуют снижению объема ресурсов для создания продукта.

Согласно данным официального сайта инжиниринговой компании HPBS автором выявлены современные системы сертификации, используемые в России. Представители международной системы сертификации определяются следующими стандартами: LEED, EDGE, BREEAM, WELL, LEED Carbon Zero, Living Building Challenge. Также, на рынке представлены российские системы сертификации и их стандарты: Сертификация «Клевер» от ВЭБ.РФ, IRIIS (ВЭБ.РФ), «Зеленый» ГОСТ Р (ДОМ.РФ) [7].

В крупных городах России уже в 2016 году было завершено строительство 11 зданий. А за последние годы объемы возведения объектов «зелёного» строительства выросли. Согласно данным компании HPBS на территории России в 2023 году насчитывается 243 здания, имеющих сертификацию по стандарту LEED [7]. Обязательным условием получения сертификата LEED являются следующие характеристики объекта: использование возобновляемой энергии, концепция энергоэффективности, использование естественного освещения, высокое качество внутренней среды, использование ливневых вод, «умное» территориальное расположение, наличие инфраструктуры для использования альтернативного транспорта и одно из самых важных – использование «зелёных» строительных материалов [9]. Благодаря внедрению инноваций в различные этапы производства на предприятиях промышленности строительных материалов создаются «зелёные» стройматериалы, обеспечивается тенденция инновационного развития строительной индустрии в целом.

Ещё одной инновационной тенденцией стройиндустрии, обеспечивающей увеличение скорости возведения зданий и сооружений, является использование модульного, каркасного способа строительства.

Также использование каркасных или сборных конструкций, изготовленных вне строительного объекта, а на заводах, имеющих специализированное оборудование и технологии, способно объединить увеличение показателей энергосбережения и экономичности производства. На деятельность предприятий промышленности строительных материалов инновационная тенденция модульного строительства имеет положительное влияние в связи с увеличением объёмов требуемых стройматериалов.

Следующая тенденция инновационного развития стройиндустрии представлена в разрезе реконструкции и модернизации жилого фонда, проведении ремонта. Улучшение жилищных условий и увеличение срока эксплуатации здания возможно за счёт своевременного и качественного проведения, текущего и капитального ремонтов. Использование новейших инновационных строительных материалов при производстве работ призваны увеличить эффективность реконструкции, модернизации и сократить издержки. Также, немаловажно использование инновационных технологий производства работ.

В дополнение, следующее инновационное решение стройиндустрии имеет прямое отношение к современной тенденции экологичности. Строительство домов из отходов. Возможность применения отходов производства в качестве строительных материалов или создание строительных материалов из твёрдых коммунальных отходов обеспечивает рациональное использование мусора. Используемые в дальнейшем строительстве вторичные ресурсы – это вторичное сырьё [10]. Развивающиеся строительные организации разрабатывают способы использования вторсырья для возведения объекта, внедряют различные методы производства работ с использованием не поддающимся переработке материалами. А современные предприятия промышленности строительных материалов в особенности внедряют инновационные решения по использованию вторичного сырья для минимизации расходов и удешевлению производства.

ВЫВОДЫ

Ведение инновационной деятельности и следование тенденциям обеспечивают организациям строительной индустрии возможность быть эффективными и конкурентоспособными в настоящее время.

В период модернизации способов строительства и разработки новейших строительных материалов предприятия и организации используют различные методы достижения результата. Особенностью внедрения инноваций в процессы становится ведение НИОКР. Предприятия и организации, а базе которых, осуществляется НИОКР становятся двигателями научно-технического развития страны.

Подводя итог, стоит обратить внимание, что существует высокая эффективность внедрения инновационных тенденций в процессы деятельности предприятий и организаций строительной индустрии. Но в настоящее время разработка новых продуктов, технологий производства идет невысокими темпами. Для увеличения темпов внедрения требуется необходимость использования инновационных решений совокупно в технических и в управленческих функциях предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отраслевые особенности строительной деятельности [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/otraslevye-osobennosti-stroitelnoy-deyatelnosti/viewer>
2. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/?%2F> (Дата обращения 01.12.2023)
3. Григорьева Л. М., Никитина Н. П. Экономика нового мира // Научный журнал – 2020 – С.130.
4. Строительство в России. 2020: Стат. сб. / Росстат. - М., С863 2020. – 113 с.
5. Стратегия развития строительной отрасли до 2030 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 31 октября 2022 г. № 3268-р).

6. *Комарова А. В.* Развитие строительной отрасли на современном этапе // Экономика и Управление народным хозяйством: строительство – 2020 – с. 28 – с. 38.
7. *Сухинина Е. А., Степанова А. С.* Современные тенденции элeгичности. Строительство домов из отходов 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-ekologichnosti-stroitelstvo-domov-iz-othodov>.

О ПРИМЕНЕНИИ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

П.Р. Соболева¹, Е.С. Анускина²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

ВВЕДЕНИЕ

С регулярным развитием технологий строительная сфера исследует новые способы использования машинного обучения для решения различных задач и повышения эффективности этих решений. Машинное обучение [1, 2] имеет большие перспективы для строительной отрасли. Оно активно находит применение в различных областях техники, это механика жидкостей [3, 4], строительные материалы и конструкции [5, 6] и другие области гражданского строительства [7]. Выделим несколько характерных областей, в которых оно может быть применимо.

1. Предварительный расчет сроков и стоимости проектов.
2. Организация строительных процессов.
3. Усовершенствование оценки качества материалов.
4. Анализ безопасности строительных конструкций.
5. Управление обслуживанием и ремонтом, диагностика дефектов.

Несмотря на популяризацию машинного обучения, исследователи и другие конечные пользователи часто критикуют эти методы как «черный ящик», то есть считается, что они принимают входные данные и предоставляют выходные, но не дают физически интерпретируемой информации для пользователя. Даже при наличии списка входных переменных модели «черного ящика» могут представлять собой настолько сложные функции, что ни один исследователь не сможет понять, как переменные связаны между собой для получения окончательного прогноза. Машинное обучение является перспективным инструментом для развития строительной сферы благодаря тому, что оно оптимизирует процессы строительства, уменьшает издержки и повышает безопасность и качество работ. Инженеры-строители могут использовать сложные модели для решения реальных задач с помощью моделирования с большим объемом вычислений благодаря развитию высокопроизводительных компьютеров.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Рассмотрим основы машинного обучения и нейронных сетей. Нейронные сети (НС) — это вычислительная модель для выражения зависимости между входом (параметром) и выходом (целевой переменной), рис. 1. Механика обучения сети на основе физической модели похожа на обучение как процесс познания, как показано на рис. 2.

Моделирование физических процессов, описываемых дифференциальными уравнениями, упростилось с появлением нейронных сетей. Данные сети обучаются описанию поведения сложных физических систем путем минимизации разницы между прогнозируемым выходом и истинным выходом модели. Одним из методов определения разницы между выходами является квадратичная функция потерь (MSE).

$$MSE = \frac{1}{n} \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (1)$$

где n – количество точек данных

y_i – истинный результат для i -ой точки данных

\hat{y}_i – прогнозируемый результат для i -ой точки данных

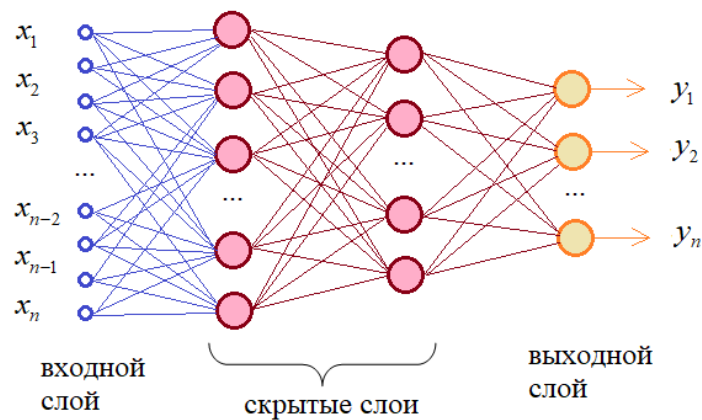


Рис. 1. Нейронная сеть

Одной из перспективных областей применения машинного обучения и нейронных сетей является вычислительная механика. Это отрасль исследований, которая требует значительных вычислительных мощностей для получения точных результатов.

Модель на основе машинного обучения может эффективно заменить более тяжелый аналог точных методов для отдельных задач в проектировании [8, 9] и оптимизации [10, 11], а также прогнозирование в реальном времени, требующее многократного испытания модели, что иногда затруднительно из-за отсутствия достаточных и доступных компьютерных ресурсов.

Развитие физико-информированного машинного обучения.

Несмотря на то, что нейронные сети существуют, как кибернетическая модель мозга, с 1950-х годов, человечеству еще предстояло разработать метод обратного распространения ошибки и автоматическое дифференцирование, чтобы получить практичный с точки зрения вычислений способ обучения многослойных нейросетей. Несмотря на значительный прогресс в моделировании физических задач с помощью дискретизации дифференциальных уравнений, до сих пор было невозможно беспрепятственно решить многомерные задачи, описываемые параметрическими дифференциальными уравнениями. Нейронные сети, оперирующие данными физических моделей, имеют такие преимущества:

1. Физическое информирование: учитывают дифференциальные уравнения, описывающие физические законы, в процесс обучения, что позволяет заведомо отсеивать модели поведения системы, которые не соответствуют реальности.
2. Потребность в меньшем количестве данных, могут быть обучены с использованием меньшего количества данных, чем обычные нейросети.
3. Способность экстраполяции ранее полученных результатов на новые данные.
4. Высокая точность и вычислительная мощность: в сравнении с традиционными методами моделирования физических систем.

Однако есть и недостатки:

1. Чувствительность к начальным условиям: чувствительность к начальным и граничным условиям, поэтому даже небольшие неточности в этих вводных могут привести к ошибочному результату.
2. Необходимость в большой вычислительной мощности

Если решения дифференциальных уравнений в частных производных содержат особенности, метод обратного распространения ошибки часто не может обеспечить стабильное обучение и правильные прогнозы.

Применение физико-информированных нейронных сетей в строительстве. Искусственный интеллект (ИИ) может быть использован для создания симуляции поведения физической модели и прогнозирования изменений ее состояния. Поэтому он

актуален для решения множества инженерных задач. Основные области применения ИИ в строительстве:

1. BIM моделирование (3D Building Information Modelling)
2. Система мониторинга состояния конструкций (SHM Structural health monitoring) в т.ч. выявление повреждений, планирование возведения, обслуживания и ремонта зданий.
3. Проектирование и анализ строительных конструкций с учетом факторов механической, пожарной и др. видов безопасности.

Примеры работы алгоритмов машинного обучения и нейронных сетей в строительстве показаны на рис. 2, 3.

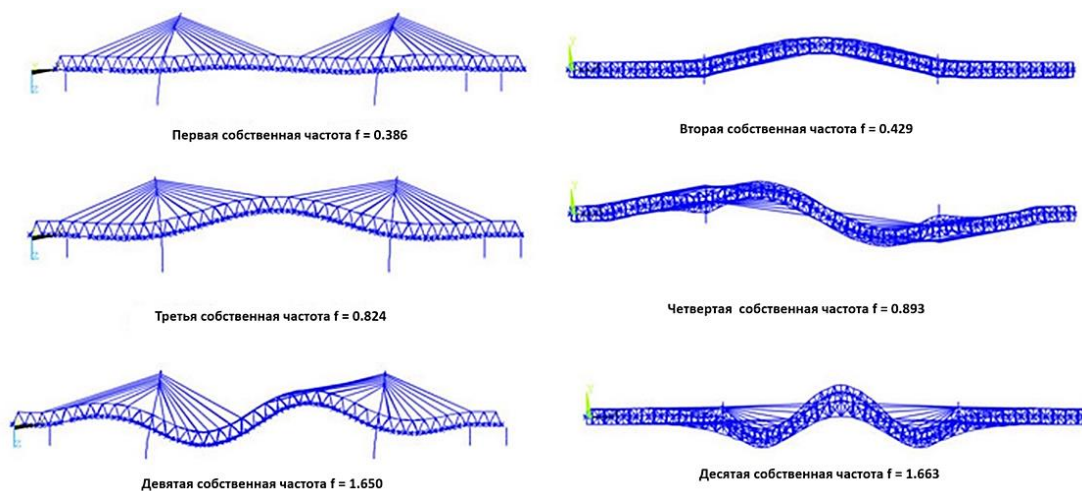


Рис. 2. Результат анализа собственных форм и частот колебания моста с помощью нейронной сети

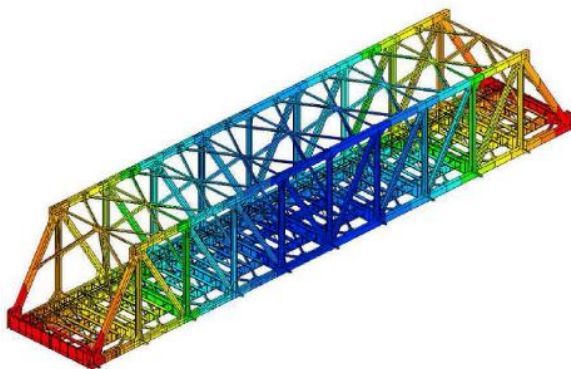


Рис. 3. Результат расчета НДС моста с помощью алгоритмов машинного обучения

ВЫВОДЫ

Строительная отрасль сталкивается с множеством проблем, включая усложнение проектов, необходимость роста вычислительных мощностей, недостаток квалифицированных кадров. Все эти ограничения влияют на развитие отрасли. В этих условиях методы машинного обучения и нейронных сетей, будут неизбежно использоваться для автоматизации и прогнозирования сложных, ресурсоемких процессов в области гражданского строительства и проектирования.

Данные играют ключевую роль в применении физико-ориентированных методов машинного обучения. Поэтому важно создать общедоступный источник данных (специализированный кластер проблемно ориентированных баз данных) для машинного обучения и создания нечетких моделей. С такими общедоступными наборами данных, специалисты, владеющие минимальным необходимым набором компетенций смогут выполнять экспертные оценки, избегать ошибок в областях своего незнания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rosenblatt A probabilistic model for information storage and organization in the brain. / Rosenblatt, F.// Psychological Review. — 1958. — № 65. — С. 386–408.
2. Goodfellow Deep Learning Adaptive Computation and Machine Learning series / Goodfellow Ian, Bengio Yoshua, Courville Aaron. — 9780262337373. — : MIT Press, 2016. — 800 с.
3. J, Nathan Deep learning in fluid dynamics / Nathan J. // Journal of fluid mechanics. — 2017. — № 803. — С. 1-4.
4. Despres Machine Learning design of Volume of Fluid schemes for compressible flows / Despres, B.// Journal of Computational Physics. — 2020. — № 408. — С. 15-17.
5. Fuks, O. Limitations of physics informed machine learning for nonlinear two-phase transport in porous media / O. Fuks, A. T. Hamdi. // Journal of Machine Learning for Modeling and Computing. — 2020. — № 1. — С. 19-37.
6. Mignolet, M. A review of indirect/non-intrusive reduced order modeling of nonlinear geometric structures / M. Mignolet, A. Przekop, S/ Rizzi // Journal of Sound and Vibration. — 2013. — № 10. — С. 2437-2460. 22
7. A review of physics-based machine learning in civil engineering / R. Shashank, S. Betgeri, C. M. John, E. Matthews. // Results in Engineering. — 2022. — № 13. — С. 1-12.
8. Алексейцев А.В., Курченко Н.С. Обзор методов и результатов экспериментальных исследований стальных и сталебетонных конструкций при особых воздействиях Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2018. Т. 14. № 3. С. 205-215.
9. Серпик И.Н., Алексейцев А.В., Левкович Ф.Н., Тютюнников А.И. Структурно-параметрическая оптимизация стержневых металлических конструкций на основе эволюционного моделирования Известия высших учебных заведений. Строительство. 2005. № 8 (560). С. 16-24.
10. Алексейцев А.В., Безбородов Е.Л. Эволюционный поиск параметров систем "протезирования" деревянных балочных конструкций Строительство и реконструкция. 2018. № 2 (76). С. 3-11.
11. Алексейцев А.В. Оптимальный структурно-параметрический синтез систем усиления металлических ферм. Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2014. № 2. С. 37-

Секция 7. Цифровые технологии в строительстве

ВИМ/ТИМ-ТЕХНОЛОГИИ КАК КОМПОНЕНТА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

А.Р. Булина

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
tochalova.anna@mail.ru*

Аннотация

В статье рассматриваются цифровые технологии, в частности ВИМ/ ТИМ-технологии, как дополнительная четвертая компонента устойчивого развития промышленных предприятий – цифровая устойчивость. В статье обобщена информация из различных отечественных и зарубежных научных источников, которые рассматривают цифровые технологии как элемент устойчивого развития и, в том числе, ВИМ/ ТИМ-технологии как элемент цифровой устойчивости строительной отрасли. Был проанализирован уровень участия промышленных предприятий строительной индустрии (ППСИ) в ВИМ/ ТИМ-модели и обозначена их роль в ВИМ/ ТИМ-моделях на разных стадиях жизненного цикла строительного объекта, обозначена важность обеспечения интероперабельности цифровых сред ППСИ и строительных организаций. Также в статье сформулированы общие аспекты, которые необходимо учесть при интеграции цифровых сред всех участников цифрового строительного процесса.

Ключевые слова: ВИМ/ТИМ-технологии, устойчивое развитие, цифровая устойчивость, промышленные предприятия строительной индустрии.

ВВЕДЕНИЕ

Устойчивое развитие – это, в соответствии с докладом Комиссии ООН по Брундтланду 1987 года, «развитие, отвечающее потребностям настоящего времени без ущерба для благополучия будущих поколений» [1]. Именно тогда был впервые введен термин «устойчивое развитие», который включает в себя в классическом понимании три компоненты: экономическую, экологическую и социальную. С момента введения термина прошло уже более тридцати пяти лет, и с тех пор в мире произошли значительные изменения, связанные с активным развитием технологий, в том числе цифровых. В современном мире уже практически невозможно представить существование без цифровых технологий, которые также называют «сквозными», поскольку они пронизывают все сферы человеческой жизни. Классическое понимание термина «устойчивое развитие» не учитывает таких современных реалий, в соответствии с которыми каждая экономически самостоятельная единица как на микро-, так и макроуровне (например, отдельно взятое домохозяйство, организация или государство) уже не сможет стабильно функционировать и развиваться без использования цифровых технологий. Вопрос о необходимости введения новой компоненты устойчивости – «цифровой устойчивости» – уже активно обсуждается в научных работах современных исследователей. В таблице 1 автором составлен обзор определения термина «цифровая устойчивость» в понимании отечественных и зарубежных ученых.

Табл. 1. Определение термина «цифровая устойчивость»

Ф.И.О. автора	Определение
Ильина Е.А. [2]	Цифровая устойчивость – это способность промышленных предприятий непрерывно функционировать и сбалансировано развиваться в средне- и долгосрочной перспективе, которая достигается путем внедрения в работу цифровых технологий и платформ для достижения максимальных результатов.
Duygu H. [3]	Цифровая устойчивость — это концепция существования предприятий, совместимых с быстроразвивающимися технологиями.
George G. [4]	Цифровая устойчивость — это организационные мероприятия, направленные на достижение целей устойчивого развития посредством творческого внедрения технологий, создающих, использующих, передающих или получающих электронные данные.
Hıdıroğlu D. [5]	Цифровая устойчивость в деловом мире связана с существованием предприятий, совместимых с быстроразвивающимися технологиями.
Wut, T.M. [6]	Цифровая устойчивость – это способность цифровой системы поддерживать или постоянно обновлять себя.

В настоящей статье будет рассмотрен частный случай цифровой устойчивости для строительной отрасли, а именно – для промышленных предприятий строительной индустрии (ППСИ). В строительной отрасли используется большое количество цифровых технологий, однако существует одна технология, объединяющая всех участников строительного процесса – это BIM/ТИМ-технологии. Именно BIM/ТИМ-технологии будут рассмотрены в качестве цифровой устойчивости ППСИ в рамках настоящей статьи.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования – промышленные предприятия строительной индустрии, предмет исследования – цифровая компонента их устойчивого развития. В качестве основных научных методов, используемых при проведении исследования, являются изучение и обобщение информации из различных научных источников, рассматривающих BIM-технологии как элемент цифровой устойчивости строительной отрасли. Был проанализирован уровень участия ППСИ в BIM-модели и выявлена их роль в BIM-моделях на разных стадиях жизненного цикла строительного объекта.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В условиях цифровой экономики обеспечение устойчивого развития строительной отрасли невозможно без обеспечения цифровой устойчивости, которая фактически становится четвертой компонентой устойчивости в концепции устойчивого развития в современных реалиях. Единым цифровым полем для строительной отрасли, связывающим воедино всех участников, в настоящее время является BIM/ТИМ-модель, с помощью которой не только происходит автоматизированный обмен информацией между всеми участниками строительного процесса, но впоследствии будет обеспечена полная интеграция цифровой среды отдельных субъектов строительного процесса (в том числе и ППСИ) с BIM/ТИМ-моделями объектов строительства на всех стадиях их жизни. В отличие от других цифровых технологий, внедрение элементов BIM/ТИМ-моделей отдельными субъектами строительной отрасли невозможно провести обособленно от других участников строительного рынка. Согласно исследованию, проведенному Strategy Partners в 2019 году [7], строительные и девелоперские компании на втором месте среди ключевых проблем, связанных с цифровизацией бизнеса, выделили недостаточную цифровизацию поставщиков, в число которых входят и ППСИ. Для полномасштабной цифровизации строительной отрасли необходимо вовлечение в этот процесс всей цепочки поставок строительной продукции, причем цифровизация должна проводиться в едином поле, обеспечивая координацию и интеграцию всех участников строительного процесса.

Внедрение BIM/ТИМ-технологий в отрыве от цифрового процесса основных заказчиков ППСИ – строительных организаций – может привести к отсутствию интероперабельности между цифровыми средами ППСИ и строительных организаций в будущем, а также к значительным издержкам со стороны ППСИ при попытке интеграции уже готовых цифровых продуктов и, возможно, к потере ими устойчивости и конкурентоспособности. Для понимания важности обеспечения цифровой интероперабельности ППСИ оценим степень участия, которое они принимают или будут принимать в BIM/ТИМ-моделях на разных стадиях жизненного цикла объекта. С целью представить полную информацию о роли ППСИ в BIM/ТИМ-модели, автором, с использованием материалов [8], была составлена таблица 2.

Табл. 2. Роль ППСИ в BIM-моделях на разных стадиях жизненного цикла объекта

№№ п/п	Раздел управления	Раздел BIM/ТИМ-модели	Роль ППСИ
Стадия проектирования			
1	Управление стоимостью (BIM 4D)	Использование информационных моделей для составления ведомости объемов работ и подготовки сметных расчетов.	Предоставление данных о стоимости материалов/оборудования, отсутствующих в нормативных базах (при составлении конъюнктурного анализа цен для сметной документации).
2	Управление содержанием	Использование информационной модели для вариантных проработок	Предоставление данных о технических и эксплуатационных характеристиках
Стадия строительства (BIM 5D)			
3	Управление содержанием	Управление изменениями в процессе строительства: отслеживание изменений на основе сводной модели, работа в среде общих данных, и др.	Участие в увязке изменений, предоставление данных об изменениях
4	Управление сроками	Увязка графика реализации проекта с планами реализации проекта исполнителями.	Предоставление и интеграция в BIM/ТИМ-модель графиков поставок оборудования и материалов
5	Управление коммуникациями	Использование сводной модели для коммуникации между участниками проекта, согласований, направления замечаний.	Коммуникация с использованием сводной модели, участие в согласованиях
6	Управление рисками	Анализ «план-факт» выполнения работ	Предоставление данных о поставках материалов и оборудования, монтаже
7	Управление поставками и контрактами	Интеграция цепочки поставок в BIM/ТИМ-модель, аккумулярование необходимого пакета документов согласно договору.	Предоставление пакета документов согласно договору: актов, накладных, паспортов, сертификатов и пр.
Стадия эксплуатации (BIM 6D)			
8	Управление эксплуатационными процессами	Отслеживание и контроль хода эксплуатационного процесса	Оповещение о необходимости технического обслуживания оборудования, об окончании срока службы материалов/комплектующих

Как видно из данных таблицы 2, роль ППСИ в BIM/ТИМ-моделях значительна: они принимают участие на всех стадиях жизненного цикла объекта. Такая высокая степень участия говорит о необходимости обеспечения должного уровня интероперабельности цифровых сред ППСИ и строительных организаций, причем его обеспечение является важным не только для устойчивого развития ППСИ, но и для полноценного функционирования BIM/ТИМ-моделей.

При обеспечении должного уровня интероперабельности важным вопросом является то, какие именно аспекты необходимы учитывать для бесшовной интеграции между цифровыми средами ППСИ и строительных организаций. По мнению исследователей Борисовой Л.А. [102], Гришиной Н.М. [104] для обеспечения цифровой интероперабельности всех участников строительного процесса, слаженного взаимодействия их программных приложений и их функциональной совместимости необходимо учитывать следующие правила [102, 104]:

1. Стандартизация процедур обмена данными (форматы, протоколы).
2. Стандартизация программных интерфейсов обмена данными.
3. Обозначение версионности файлов.
4. Общие правила импорта / экспорта данных между САПР.
5. Общие правила для геометрической и атрибутивной проработки компонентов информационных моделей зданий.
6. Отсутствие «информационного мусора» и т.д.

ВЫВОДЫ

В ходе исследования была обозначена важность BIM/ТИМ-технологии как элемента устойчивого развития для ППСИ, проанализирована степень участия ППСИ в BIM/ТИМ-моделях, обоснована необходимость обеспечения интероперабельности цифровых сред ППСИ и строительных организаций, а также приведены аспекты, которые необходимо учесть при интеграции цифровых сред. Подводя итог, можно сказать, цифровая интероперабельность ППСИ и строительных организаций будет являться важнейшим элементом, обеспечивающим цифровую устойчивость ППСИ. Те предприятия строительной индустрии, которые при внедрении цифровых технологий не обеспечат должную степень интеграции с цифровой средой заказчиков, могут потерять свою долю рынка в будущем, что делает данный аспект основой устойчивого развития ППСИ в условиях цифровой экономики.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает признательность своему научному руководителю д.э.н, профессору кафедры «Менеджмент и инновации» НИУ МГСУ Солоповой Наталье Анатольевна за помощь в написании статьи. Автор благодарит рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад Всемирной комиссии по вопросам окружающей среды и развития. Организация Объединенных Наций. Режим доступа: <https://www.un.org/ru/ga/pdf/brundtland.pdf>. Дата обращения: 31.10.2023.
2. *Ильина Е.А.* Формирование стратегии устойчивого развития промышленных предприятий в условиях цифровой экономики: диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Воронеж, 2022. 209 с.
3. *Duygu H.* Conflict Management in Digital Business: New Strategy and Approach // EMERALD PUBLISHING. 2022. DOI: 10.1108/978-1-80262-773-220221022.
4. *George G., Merrill R. K., & Schillebeeckx S. J.* Digital sustainability and entrepreneurship: How digital innovations are helping tackle climate change and sustainable development // Entrepreneurship Theory and Practice. 2020. DOI: 1042258719899425.
5. *Hidroğlu D.* Conflict Management in Digital Business: New Strategy and Approach // EMERALD PUBLISHING. October, 2022. DOI: 10.1108/978-1-80262-773-220221022.
6. *Wut T.M., Lee D. Ip W.M., Lee S.W.* Digital Sustainability in the Organization: Scale Development and Validation // Sustainability. №13. 2021. DOI: 10.3390/su13063530.

7. Исследование Strategy Partners: цифровизация строительной отрасли. Портал ICT-online // Режим доступа: <https://ict-online.ru/news/n168088/>. Дата обращения: 31.05.2023.
8. Мерзлов И.Ю. Методы оценки цифровой зрелости: обзор международной практики // Креативная экономика. 2022. Том 16. № 2. С. 503–520. <https://doi.org/10.18334/ce.16.2.114163>.
9. Борисова Л. А. Проблемы цифровизации строительной отрасли / Л. А. Борисова, М. Х. Абидов // УЭПС: управление, экономика, политика, социология. - 2019. - № 3. - С. 53–58. - Библиогр.: с. 91 (9 назв.).
10. Гришина Н.М. Разработка и внедрение BIM-стандарта: исследование методов управления в строительстве / Н.М. Гришина, Д.И. Мицко // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017. – № 3(41). – С. 266–276. – Библиогр.: с. 274-275 (14 назв.).

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

А.А. Гусарова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
2609gaa@gmail.com

Аннотация

Данная научная статья посвящена анализу актуальных проблем и перспектив применения цифровых информационных моделей (ЦИМ, или англ. BIM) в строительной отрасли России. Цифровая информационная модель объекта капитального строительства содержит подробную информацию о физических и функциональных характеристиках строительных объектов, которая может использоваться на всех этапах жизненного цикла объектов.

Анализируя существующие проблемы, такие как отсутствие полноценной нормативной базы и методологии, недостаток обученных специалистов, сопротивление изменениям и недостаточная интеграция процессов, данная статья предлагает рассмотреть перспективы развития этой области.

Цель исследования состоит в проведении глубокого анализа проблемных аспектов применения технологий информационного моделирования в капитальном строительстве России и выявлении потенциала данного подхода для улучшения процессов проектирования, строительства и управления объектами.

Методология исследования включает в себя обзор существующих научных исследований, анализ данных о текущем состоянии применения ТИМ в России, а также выявление перспектив и путей устранения выявленных проблем.

Результаты данного исследования помогут понять актуальные проблемы, которые сопровождают процесс применения цифровых информационных моделей в России, а также выявить потенциал и перспективы применения данной технологии для улучшения процессов капитального строительства в стране.

ВВЕДЕНИЕ

В России развивается применение технологий информационного моделирования (ТИМ). В данной концепции есть понятие цифровой информационной модели. Согласно п. 3.1.4 СП 333.1325800.2020 цифровая информационная модель объекта капитального строительства (ЦИМ ОКС) - это совокупность взаимосвязанных инженерно-технических и инженерно-технологических данных об объекте капитального строительства, представленных в цифровом объектно-пространственном виде. Таким образом, ЦИМ являются частью информационной модели объекта капитального строительства (см. Рис.1). Однако, ЦИМ является базовым понятием в области ТИМ.

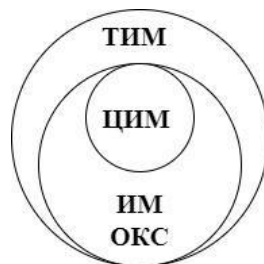


Рис. 1. Состав технологии информационного моделирования

Цифровые информационные модели объектов капитального строительства (ЦИМ ОКС) становятся частью современной индустрии капитального строительства, играя ключевую роль в оптимизации проектных и строительных процессов, улучшении

управления объектами и повышении общей эффективности отрасли. В контексте России, внедрение и использование ТИМ сталкиваются с рядом вызовов и перспектив, о которых необходимо говорить и проводить исследования [1].

Эта статья посвящена анализу актуальных проблем, с которыми сталкиваются при применении цифровых информационных моделей объектов капитального строительства в России, а также рассмотрению перспектив и потенциала их применения. Путем обзора существующей литературы, анализа данных и выявления ключевых трендов определены проблемные текущие ограничения и перспективы, связанные с использованием ТИМ в российском строительстве.

Целью данной работы является предоставление обзора существующих проблем, связанных с использованием цифровых информационных моделей в России, а также выявление перспектив, которые открываются перед данной областью, предложения путей их решения и возможных путей развития данной технологии в российском контексте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения исследования использовались методы анализа отчетов, технической документации, научно-исследовательских работ, нормативных актов и стандартов.

Объектом исследования являлись процессы внедрения и использования технологий информационного моделирования в строительстве. Выбор метода обусловлен необходимостью комплексного анализа технологий информационного моделирования в контексте их применения на практике, а также целей исследования, направленного на выявление проблем и перспектив применения цифровых информационных моделей объектов капитального строительства в России.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Любая развивающаяся технология проходит разные этапы развития, на которое влияют различные факторы [2]. На рисунке 2 изображены основные факторы, влияющие на процесс развития ТИМ.



Рис. 2. Факторы влияния на внедрение ТИМ

На данный момент в сфере информационного моделирования зданий и сооружений в строительстве существуют определённые проблемы [3], решение которых позволит перейти на новый уровень цифровизации в строительной отрасли. Описание проблем приведено в Таблице 1.

Табл. 1. Текущие проблемы ТИМ

ПРОБЛЕМА	ОПИСАНИЕ
Отсутствие единой системы стандартов и методологии в сфере ТИМ	<p>В России до сих пор отсутствует единый стандарт и методология по информационному моделированию, что затрудняет всеобщее внедрение и использование цифровых информационных моделей на всех этапах жизненного цикла объектов.</p> <p>Из наиболее важных нормативно-технических требований, существующих на момент 2023 года, можно выделить:</p> <ul style="list-style-type: none"> - СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» - СП 404.1325800.2018 «Информационное моделирование в строительстве. Правила разработки планов проектов, реализуемых с применением технологии информационного моделирования» <p>Указанные документы являются основой для разработки плана проекта с применением ТИМ [4] и принципов формирования цифровой информационной модели.</p>
Отсутствие машиночитаемых нормативных документов	<p>Кроме отсутствия достаточной систем стандартов и методологий в области ТИМ существуют потребность в изменении самой системы формирования нормативно-технической документации. Нормативные документы и требования должны быть машиночитаемыми, чтобы из них можно было выгрузить необходимые данные, которые могут являться нормативными значениями для разного рода экспертизы объекта требований.</p> <p>Данные являются источником информации, на основе анализа данных формируется информация.</p> <p>На основе анализа данных из ЦИМ и их сопоставления с данными из нормативных требований в процессе автоматической экспертизы ЦИМ можно сделать вывод о том, что ЦИМ соответствует нормативным требованиям. Для это необходимо получить данные из нормативных требований для их анализа в системе для экспертизы ЦИМ. Проблема состоит в том, что на данный момент автоматически получить конкретные данные и файлов нормативных требований затруднительно, это можно сделать с помощью человека, который должен данные нормативных требований занести в систему в виде правил проверки для экспертизы ЦИМ.</p> <p>Наличие машиночитаемых документов позволит автоматизированно или автоматически проводить экспертизу проекта, что может сократить время экспертизы и возможность упущения случаев несоответствия нормативным требованиям и иным регламентам[5].</p>
Недостаток обученных специалистов	Наблюдается недостаток квалифицированных специалистов в области ТИМ, которые могли бы активно

ПРОБЛЕМА	ОПИСАНИЕ
	внедрять и эффективно использовать цифровые модели. ТИМ затрагивает большую часть строительного проекта, большинство участников проекта участвуют в процессах, где есть составляющая ТИМ. Важно обучать все участников, разрабатывающих проект, работать в ТИМ.
Соппротивление изменениям внутри отрасли	<p>В ряде случаев заказчики и исполнители предпочитают традиционные методы проектирования и строительства, что затрудняет переход к цифровым информационным моделям.</p> <p>Данная проблема связана с наличием таких проблем, как:</p> <ul style="list-style-type: none"> - относительно высокая стоимость внедрения ТИМ в организацию; - существующие ограничения программных инструментов ТИМ; - отсутствие достаточных общепринятых методологий и стандартов для понимания принципов работы с ТИМ и недостаточное понимание профита от применения ТИМ в своей организации; - необходимость трансформации бизнес-процессов по принципам ТИМ; - недостаточно примеров опыта применения ТИМ иными организациями на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства с указанием фактических критерием эффективности внедрения ТИМ. <p>Важно отметить, что некоторые органы экспертизы не готовы проверять цифровую информационную модель, даже при её наличии, в силу разных обстоятельств. Таким образом, могут возникнуть ситуации, когда есть разработанная ЦИМ, но экспертов, проверяющих на её основе корректность проектных решений нет.</p>
Недостаточная интеграция процессов	<p>Часто процессы проектирования, строительства и эксплуатации объектов в России не достаточно интегрированы, что затрудняет понимание преимуществ и внедрение BIM. Кроме этого, бизнес-процессы в разных организациях могут различаться. Что вызывает необходимость развития платформы, которая позволит управлять объектами на всех этапах их жизненного цикла, быть интегрирована со всеми сервисами, которые используют информацию об объекте для различных целей, и иметь гибкость для настройки бизнес-процессов.</p>

Перспективы развития ТИМ, связаны с преодолением указанных выше проблем, приведены в Таблице 2.

Табл. 2. Перспективы ТИМ

Перспективы	Описание
Нормативная база, учитывающая особенности ТИМ	Планы по стандартизации ТИМ методологии, разработка единых стандартов и принятие его в строительной отрасли могут улучшить интеграцию цифровых информационных моделей. На данный момент идёт работа по разработке системы национальных стандартов «Единая система информационного моделирования» (ЕСИМ). Важно, чтобы новые нормативные документы разрабатывались на основе принципов SMART стандартов, были машиночитаемыми и машинопонимаемыми.
Развитие инфраструктуры	<p>Постепенное развитие инфраструктуры, где будет обеспечен обмен данным ЦИМ во всех бизнес-процессах, где они необходимы, между заинтересованными участниками проекта.</p> <p>Развитие отечественного ПО в области ТИМ по запросам потребителей для возможности замены иностранных программных инструментов на отечественные. Импортозамещение в данной области является актуальным с учётом санкций, в результате которых вводят ограничения и запрет на использование специализированных зарубежным программных комплексов [6-8].</p>
Подготовка квалифицированных кадров в области строительства с учетом применения ТИМ	Специалисты, которые участвуют в различных процессах инвестиционно-строительного проекта, должны уметь использовать инструменты ТИМ в процессе работы и понимать концепцию применения ТИМ внутри проекта.
Возможности для повышения качества проектирования и строительства	Цифровые информационные модели могут улучшить контроль качества, предсказуемость, и повысить эффективность во всех аспектах жизненного цикла объекта.
Рост прозрачности и управления данными	Использование ТИМ может улучшить прозрачность и управление данными на всех этапах проектирования, строительства и эксплуатации объектов, что сделает все процессы более прозрачными и управляемыми.
Поддержка государственной политики	Поддержка цифровизации строительной отрасли со стороны государства и разработка и реализация программ по внедрению ТИМ в государственные заказы могут стимулировать рост использования цифровых информационных моделей в России.

ВЫВОДЫ

По итогам анализа были выделены текущие проблемы в области ТИМ в строительстве и предложены перспективы развития данных технологий. Основными проблемами, которые затрудняют применения ТИМ являются: отсутствие достаточной единой нормативно-технической базы, высокая стоимость внедрение ТИМ в организацию и ограниченность программных продуктов ТИМ.

Важным является также демонстрация опыта применения ТИМ на реальных объектах в процессе всех этапов жизненного цикла и расчёт показателей стоимости работы по проекту, трудозатрат и иных показателей, характеризующих оценку эффективности применения ТИМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кисель Т. Н., Прохорова Ю.С. Уровень цифровизации российских предприятий инвестиционно-строительной сферы // Вестник МГСУ. 2023. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uroven-tsifrovizatsii-rossiyskih-predpriyatij-investitsionno-stroitelnoy-sfery> (дата обращения: 13.12.2023).
2. Верстина Н.Г., Кисель Т.Н., Кулаков К.Ю. Внедрение инновационных технологий на предприятиях инвестиционно-строительной сферы: проблемы и определяющие факторы. E-Management. 2022;5(1):4-13. <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2022-5-1-4-13>(дата обращения: 13.12.2023).
3. Уткина В. Н., Грязнов С. Ю., Бабушкина Д.Р. Проблемы и перспективы внедрения технологии информационного моделирования в области строительства в России: проблемы и перспективы внедрения // Основы ЭУП. 2019. №1 (19). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-perspektivy-vnedreniya-tehnologii-informatsionnogo-modelirovaniya-v-oblasti-stroitelstva-v-rossii-problemy-i-perspektivy> (дата обращения: 12.12.2023)
4. Гусарова А.А. План реализации проекта с ТИМ // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2023. №5-2 (80). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/plan-realizatsii-proekta-s-tim> (дата обращения: 13.12.2023).
5. Макиша Е.В., Мочкин К. А. Состояние и перспективы применения систем проверки информационных моделей строительных объектов // Строительство: наука и образование. 2021. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-perspektivy-primeneniya-sistem-proverki-informatsionnyh-modeley-stroitelnykh-obektov> (дата обращения: 13.12.2023).
6. Канхва В.С., Уварова С.С., Беляева С.В., Шаталов П.В. Технологические стартап-проекты для ликвидации «узких мест» цифровизации инвестиционно-строительных проектов: направления и перспективы // Экономика строительства. 2023. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskie-startap-proekty-dlya-likvidatsii-uzkih-mest-tsifrovizatsii-investitsionno-stroitelnykh-proektov-napravleniya-i-perspektivy> (дата обращения: 13.12.2023).
7. Федосов С.В., Федосеев В. Н., Зайцев И. С., Зайцева И.А. Инструменты реализации информационного моделирования жизненного цикла объектов строительства: отечественный и зарубежный опыт // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2023. №2 (74). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/instrumenty-realizatsii-informatsionnogo-modelirovaniya-zhiznennogo-tsikla-obektov-stroitelstva-otechestvennyu-i-zarubezhnyu-opyt> (дата обращения: 13.12.2023).
8. Мавовкина Л.И., Савина А.Г., Савин Д.А. проблемы информационно-технологического обеспечения реализации BIM-концепции // Вестник ДГТУ. Технические науки. 2023. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-informatsionno-tehnologicheskogo-obespecheniya-realizatsii-bim-kontseptsii> (дата обращения: 13.12.2023).

ОСОБЕННОСТИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ В ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

С.О. Артеменко¹, К.Ю. Лосев²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹art.savely@yandex.ru

²LossevKY@mgsu.ru

Аннотация

Данная статья посвящена аспектам параметрической автоматизации в отечественных системах информационного моделирования в строительстве. Исследование основано на представлении и оценке особенностей, которые имеют современные российские разработки в области информационного моделирования. Главной целью исследования является выявление существующих особенностей в подходе к автоматизации параметрического моделирования и прогнозирование инновационного подхода к параметрической автоматизации в отечественных системах информационного моделирования. В работе используются аналитические и описательные методы исследования, а также сравнительный анализ и поиск аналогий в подходах к автоматизации параметрического моделирования в различных программных комплексах. Результаты исследования указывают на формирование трех различных особенностей в подходе к параметрической автоматизации в отечественных программных системах. Отмечается, что параметрическая автоматизация является эффективным инструментом для оптимизации процессов информационного моделирования в строительной сфере. Основными факторами, затрудняющими автоматизацию параметрического моделирования и расширение его функциональных возможностей внутри самой системы информационного моделирования являются ограниченность в изменении параметров объектов автоматизации через программируемые интерфейсы приложения (API), недостаточное количество связей между параметрами, а также негибкость их настроек. Предлагается прогноз развития информационного моделирования в строительной отрасли, который предполагает увеличение роли параметрической автоматизации с использованием элементов искусственного интеллекта на стыке интеграции экспертных систем, систем информационного моделирования и сред общих данных.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире автоматизация является неотъемлемой частью работы в строительной сфере. В соответствии с Указом президента РФ от 21 июля 2020 г. №474 «О Национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» одним из пунктов в рамках национальной цели «Цифровая трансформация» является достижение «цифровой зрелости» ключевых отраслей экономики [13]. Строительство является одной из таких отраслей. Однако, отечественные информационные системы в строительстве в настоящее время сталкиваются с рядом задач, которые необходимо оперативно решать для устранения препятствий в повышении темпов цифровой трансформации.

Одной из этих задач является снижение ограничений функциональности параметрической автоматизации в существующих отечественных системах информационного моделирования. Параметризация – это процесс информационного моделирования и методология автоматизированного проектирования, позволяющая на стадии концептуального (эскизного) проектирования получить модель строительного объекта с настроенными внутренними взаимосвязями, и способная адаптировать эту модель под дальнейшие изменения проекта [15]. Параметризация позволяет ускорить процесс проектирования или моделирования за счёт добавления определенных

геометрических и математических правил и ограничений с возможностью их последующего изменения.

Применение параметрического моделирования началось с отрасли машиностроения, в рамках которого при работе в системах автоматизированного проектирования (САПР) от пользователя требовалось связывать все элементы модели зависимостями, которые описывали их взаимодействие. При внесении изменений в модель через изменения значения ее параметров она автоматически непротиворечиво обновляла свои взаимосвязи или сообщала о возникших технических противоречиях, исходя из предварительно заданных пользователем зависимостей. Такая технология может применяться при моделировании небольших и средних конструкторских деталей и узлов, но в строительной сфере цифровые информационные модели бывают гораздо больших информационных объемов и часто не могут быть тиражированы без изменений для других инвестиционно-строительных проектов. Именно поэтому, появились специализированные архитектурно-строительные САПР, где элементы здания моделируются преимущественно как отдельные объекты без большого количества зависимостей между собой, что значительно ускоряет работу с параметрическим моделированием [21].

Есть и альтернативный подход, когда объект автоматизации описывается параметрически без визуального проектирования и моделирование и выдача спецификаций происходит по заранее заданным сценариям с возможностью самообучения системы [22].

Таким образом, параметрическая автоматизация в строительной области – это процесс расширения функциональных возможностей существующих методов параметризации, улучшение гибкости настройки параметров, возможность внесения изменений любой сложности без необходимости создания новой модели, снижение ошибок моделирования, связанных с «человеческим фактором», расширение границы применения и в итоге увеличение скорости процессов информационного моделирования.

Цель данного исследования - выявление существующих подходов к автоматизации параметрического моделирования в действующих отечественных системах информационного моделирования и формулировка прогноза о перспективном подходе к параметрической автоматизации, который позволит решить задачу о снижении ограничений на расширение функциональности в параметрической автоматизации.

Предметом исследования являются особенности процессов параметрической автоматизации информационного моделирования в строительстве с позиции инструментов моделирования.

Объектом исследования выступают отечественные системы информационного моделирования в строительстве. В рамках исследования были выделены основные крупные отечественные системы информационного моделирования с возможностью параметризации, которые используются в моделировании промышленных и гражданских строительных объектов.

1. Renga Professional от компании «Ренга Софтвэз»;
2. Model Studio CS и nanoCAD BIM от «СиСофт Девелопмент» и «Нанософт разработка», соответственно;
3. T-FLEX CAD от «Топ Системы»;
4. САПР ПОЛИНОМ от «НЕОЛАНТ Сервис»;
5. КОМПАС-3D для Строительства от «АСКОН»;

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Перед началом сравнительного анализа была проведена предварительная оценка состояния отечественных программных комплексов и их возможностей для параметрической автоматизации архитектурно-строительных проектов. Данные комплексы отличаются по области применения: общестроительные, конструкторские и технологические:

1. Renga Professional. Программа имеет интуитивно-понятный графический интерфейс. Система основана на геометрическом ядре C3D. Инструментом параметрической автоматизации в Renga является «стиль» элемента. Базовые возможности параметризации с помощью этого инструмента – это изменение габаритных размеров импортированных и созданных внутри программы моделей объектов, в том числе с помощью базового графического интерфейса. Программа способна импортировать достаточно широкий список форматов сторонних программ. Вендор предлагает пользователю расширить возможности этого инструмента с помощью STDL – это предметно-ориентированный язык на основе Lua. Скриптовый язык программирования Lua используется в связи с тем, что он может реализовать большое число программных сущностей минимумом синтаксических средств [8]. Renga STDL позволяет создавать шаблоны «стиля», определить набор параметров и импортировать в Renga Professional в формате RST. Для работы с этим инструментом необходимо обладать знаниями в программировании. Программа имеет открытый API для расширения функциональных возможностей и интеграции с другими системами [16].

2. Model Studio CS/nanoCAD BIM. Не смотря на позиционирование на рынке в виде двух разных программных продуктов, в рамках исследования, принято решение объединить данную линейку программ в единый обозреваемый объект. Это связано с незначительными различиями в подходах к разработке программ. Программный комплекс состоит из нескольких модулей, закрывающие разные проектные задачи: общестроительные и технологические. При этом линейка продуктов как nanoCAD BIM, так и Model Studio CS реализована на базе платформы nanoCAD. В качестве геометрического ядра используется C3D. Подход к моделированию реализуется технологией MinD. Суть технологии заключается в проектировании в классическом 2D пространстве, при этом, появляется возможность автоматического получения чертежей и спецификаций. Кроме этого, на основании проектируемых компонентов формируется цифровая информационная 3D-модель. Само название MinD (Model in Drawing, или «модель в чертеже») говорит о том, что виртуальная модель объекта уже заложена в чертеж [9]. Важная часть работы в программе – это работа с базами данных технологического оборудования. В ней хранится большая библиотека компонентов, моделей оборудования, узлов с возможностью настройки параметров. Взаимодействие с элементами баз данных происходит при помощи SQL запросов, при этом, реализован доступный рядовому пользователю редактор параметрических объектов с возможностью их создания и корректировки. Работа с API доступна только с небольшой частью библиотеки компонентов одного из продуктов nanoCAD BIM [10].

3. T-FLEX CAD. Данный программный комплекс – это профессиональная конструкторская система в основном в сфере машиностроения. В отличие от предыдущих программных комплексов T-FLEX CAD работает на собственном геометрическом ядре RGK, модернизированном на базе зарубежной разработки Parasolid. Параметрическая автоматизация в данном программном комплексе достигается путем задания вспомогательных элементов системы – переменных. Они позволяют создавать различные виды негеометрических взаимосвязей между элементами чертежа. Работа с переменными ведется в специализированном редакторе, который обладает удобным интерфейсом. Возможности настройки параметров в данном редакторе достаточно обширны, но требуют продвинутого знания программного продукта и понимания специфики работы с переменными. При этом, разработаны готовые наборы математических, тригонометрических и т.п. функций для автоматизации работы с переменными. Есть примеры, как с помощью этих инструментов собственными силами проектировщиков был разработан комплекс параметрических библиотек, причем реализовались разные по применению элементы: инженерное оборудование, металлоконструкции, фундаменты и т.д.

[17]. Можно утверждать, что в программе представлен собственный синтаксис специальных функций, который напоминает создание условий параметрической автоматизации в виде программирования. Разработана отдельная программа «Макрос» для работы с Open API, которая позволяет создавать макросы для автоматизации рутинных процессов [11].

4. САПР ПОЛИНОМ. ВМ-инструмент российской разработки, предназначен для создания и редактирования информационных моделей массивных технологических инфраструктурных объектов. Подобно решениям nanoCAD и Model Studio CS параметрическая автоматизация представлена в виде базы готовых элементов параметрических моделей. Каталог проектов, моделей и элементов – это серверная часть на базе Firebird SQL. Для поиска необходимого элемента предусмотрен отдельный инструмент – Конструктор элемента, который представляет собой систему категорийно-классовых атрибутов. С помощью этого инструмента можно выполнять создание и редактирование геометрии параметрического элемента каталога. Программа включает в себя базовый каталог с более чем пятьюдесятью тысячами параметрических моделей по всем основным разделам проектирования. Таким образом, само по себе проектирование представляет собой поиск необходимого оборудования в каталоге и размещение его в пространстве модели. Такой подход к параметризации доступен для рядового пользователя. Программа имеет собственное геометрическое ядро, а также открытый API с возможностью разработки дополнительных внешних элементов и плагинов на Delphi, C# и C++ [18].

5. КОМПАС-3D для Строительства. Программный комплекс, основная специализация которого машиностроение и приборостроение. Компания-разработчик данной программы также является создателем ядра C3D. Параметризация в КОМПАС-3D реализована вариационным способом, то есть в процессе создания модели на ее объекты можно назначить ограничения на определённые параметры, которые в последствии возможно произвольно изменять. Работа с изменением переменных параметров реализована с помощью Панели переменных. Требует продвинутых знаний продукта. Есть возможность создания собственной библиотеки параметрических фрагментов. Разработан отдельный инструмент КОМПАС-Invisible (API), который с помощью прикладного программирования реализует функциональность КОМПАС-3D, дает возможность интеграции с другими системами.

Были определены и сведены в Табл. 1 критерии функциональной оценки средств автоматизации параметризации, позволяющие задавать, изменять и контролировать различные параметры объектов (сущностей) информационной модели. Ниже приведен обзор выбранных систем в соответствии с выбранными критериями функциональной оценки.

Табл.1. Сравнительная оценка критериев параметрической автоматизации информационного моделирования в отечественных программных комплексах

	Renga Professional	Model Studio CS/nanoCAD BIM	САПР ПОЛИНОМ	T-FLEX CAD	КОМПАС-3D
Параметрический редактор конструктивных элементов здания	+	+	+	+	+
Параметрический редактор инженерных сетей	+	+	+	+	+
Инструмент параметрического создания и редактирования технологического оборудования	+	+	+	+	+
Параметрический редактор создания сложных/произвольных геометрических объектов	-	-	+	+	+
Библиотека параметрических элементов	+	+	+	+	+
Открытый API (с открытым кодом)	+	-	+	+	-
API для всех модулей, входящих в систему	+	-	+	+	+
Предметно-ориентированный язык программирования	+	-	-	-	-
Среда визуального программирования	-	-	-	-	-

Стоит отметить, что три из пяти отечественных программных комплексов используют ядро российской разработки С3D, инструменты этого ядра позволяют формировать геометрические элементы архитектурных и конструктивных объектов, импортировать твердотельные и триангуляционные модели. С3D используется для возможности параметризации, изменения конфигурации геометрии, создания разрезов и фасадов зданий, создание и редактирования инженерных трасс со связанным оборудованием, а также вычисления площадей и объемов типов объектов. Три программы используют технологию интеллектуального строительного проектирования MinD, а остальные предлагают выполнять проектирование непосредственно на 3D-сцене. Кроме этого, в каждой из программ (в разных объемах), применяются библиотеки готовых параметрических элементов.

Проведенный сравнительный анализ позволил сформулировать возможные решения задачи снижения ограничений функциональности параметрической автоматизации в существующих информационных отечественных системах и выявить актуальные вопросы, связанные с параметрической автоматизацией, требующие дальнейшего исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате исследования обнаружено, что основными факторами, затрудняющими автоматизацию параметрического моделирования и расширение его функциональных возможностей, с которыми сталкиваются пользователи отечественных систем информационного моделирования в строительной сфере, являются ограниченность в изменении параметров объектов автоматизации через API, недостаточное количество связей между параметрами, а также негибкость их настроек.

Кроме этого, выявлено, что текущий недостаток инструментов параметрической автоматизации в графических интерфейсах пользователей отечественных программных комплексов связан со сложностью их разработки в виде интуитивно-понятных интерфейсов. Это снижает эффективность и потенциал работы, и интерес пользователей к таким системам.

Рекомендуется расширение существующих возможностей API по работе с параметрическими объектами и создание инструментов «Low code»-моделирования, как элементов визуального моделирования и программирования.

По результатам исследования, можно выделить три особенности в подходах к параметризации в отечественных системах информационного моделирования:

1. Создание и редактирование параметрических моделей за счет графического интерфейса пользователя.
2. Параметризация моделей с помощью внешних инструментов, с применением компилируемых языков программирования и последующей интеграции полученных информационных контейнеров в систему.
3. Гибридный подход с возможностью совмещения двух вышеупомянутых.

Исследование показало, что периодически возникающая необходимость изменения параметрических моделей, например инженерного оборудования, требует регулярной актуализации библиотек, классификаторов и баз данных. Актуализация таких объемов требует, точности, большого количества трудозатрат и высокого уровня профессиональной подготовки соответствующих специалистов.

Гибридный подход к параметрической автоматизации, по которой развивается программа для информационного моделирования Renga Professional, предлагает неограниченные возможности по созданию и параметризации сложного инженерного оборудования. Данный подход можно считать инновационным в Российской Федерации, так как он предполагает привлечение к созданию параметрического оборудования квалифицированных в области программирования специалистов. Уход крупнейших разработчиков зарубежных программных продуктов привёл к тому, что возникла потребность в разработке в сжатые сроки программных продуктов, способных полноценно заместить зарубежные аналоги. Российские вендоры к настоящему времени еще не выпустили на рынок систему информационного моделирования с интуитивно-понятным интерфейсом для автоматизации параметрического моделирования произвольных объектов строительной сферы. Вместо этого, предлагается подход с использованием языка Renga STDL, позволяющий создавать технологическое оборудование зданий и сооружений произвольной сложности. Однако, для массового применения языка STDL требуются дополнительные компетенции в области информатики и алгоритмизации в строительном комплексе всей страны. Возможно, этот подход выражает тенденцию современного развития цифровой области – архитектурно-строительное проектирование в будущем будет все больше и больше сопряжено с программированием. Однако, реализация подобного подхода потребует крайне серьезных вложений в привлечение компетентных специалистов и обучение рядовых пользователей, что проблематично в текущих реалиях, поэтому так важно появление новых технологий параметрической автоматизации и развитие квалификации специалистов, что обеспечит «цифровую зрелость» строительной отрасли, неотъемлемой частью которой являются отечественные системы информационного моделирования [19].

Изучение подходы к параметрической автоматизации, а также прогресс развития технологий искусственного интеллекта позволяют спрогнозировать наиболее перспективное направление развития систем информационного моделирования. Виден потенциал связки искусственного интеллекта с параметрической автоматизацией [20]. Интеграция инструментов искусственного интеллекта, в частности нейросетей, со средами общих данных и системами информационного моделирования, вероятнее всего, позволит прийти к значительному увеличению скорости моделирования, снижения количества ошибок, а также повышению конкурентоспособности российских разработок и ускорению цифровизации строительной области.

ВЫВОДЫ

1. Выделено три особенности в подходах к параметризации в отечественных системах информационного моделирования.

2. Основными факторами, затрудняющими автоматизацию параметрического моделирования и расширение его функциональных возможностей внутри самой системы информационного моделирования являются ограниченность в изменении параметров объектов автоматизации через API, недостаточное количество связей между параметрами, а также негибкость их настроек.

3. Текущий недостаток инструментов параметрической автоматизации в графических интерфейсах пользователей отечественных программных комплексов связан со сложностью их разработки в виде интуитивно-понятных интерфейсов. Это снижает эффективность и потенциал работы, и интерес пользователей к таким системам.

4. Рекомендуются расширение существующих возможностей API по работе с параметрическими объектами и создание инструментов «Low code»-моделирования, как элементов визуального моделирования и программирования.

5. Прогноз развития информационного моделирования в строительной отрасли предполагает увеличение роли параметрической автоматизации с использованием элементов искусственного интеллекта на стыке интеграции экспертных систем, систем информационного моделирования и сред общих данных.

Дальнейшие исследования в этой области предполагают более глубокий анализ применения параметрической автоматизации в различных отечественных и зарубежных системах информационного моделирования, проведение практического сравнительного анализа и тестирования для описания наиболее эффективного метода автоматизации параметрического моделирования, а также изучение возможностей применения новых, инновационных подходов в этой области.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Рахматуллина Е.С.* BIM-моделирование как элемент современного строительства // Российское предпринимательство. 2017. Т. 18. № 19. С. 2849–2866. DOI: 10.18334/rp.18.19.38345.
2. *Царев А.И.* Европейский опыт внедрения BIM-технологий в строительном секторе // Строительство: наука и образование. 2022. Т. 12. Вып. 3. Ст. 8. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/23055502.2022.3.8.
3. *Акимова, Е. М.* Уровень использования BIM-технологий в России / *Е. М. Акимова, Т. Н. Кисель* // Степановские чтения — 2018: экономика и управление в строительстве Сборник докладов участников Всероссийской научно-практической конференции. Под ред. *М. Ю. Мишлановой*, 2018. — С. 8—12.
4. *Анищук, Н. В.* BIM-технологии: достоинства и недостатки / *Н. В. Анищук* // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте Сборник материалов II Международной научнопрактической конференции. Ответственный редактор *Д. М. Дубинкин*, 2018. — С. 4—5.
5. *Дмитриева, В. В.* Организация строительного производства с применением BIM технологий / *В. В. Дмитриева, А. Ю. Давиденко* // Наука молодых — будущее России сборник научных статей 3-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых: в 6 томах, 2018. — С. 108—111.
6. *Макарцова, Т. Н.* Проблемы применения BIM-технологий в России / *Т. Н. Макарцова, Н. В. Фирсанова* // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XII Международной научно-практической конференции: в 2 ч., 2018. — С. 55—57.
7. *Уткина, В. Н.* Российский опыт применения BIM-технологий в строительном проектировании / *В. Н.*

- Уткина, А. Н. Смолин // Долговечность строительных материалов, изделий и конструкций Материалы Всероссийской научно-технической конференции / Ответственный редактор Т. А. Низина. — 2018.*
8. *Столяров В.Н., Кольцов И.В. Возможности языка программирования LUA при создании графического интерфейса в специализированном программном обеспечении // Информационные технологии в УИС. 2021. № 1. С. 48-53.*
 9. *Поварницын, Д. Разрабатываем раздел "Архитектурные решения" по технологии MinD / Д. Поварницын // САПР и графика. – 2013. – № 11(205). – С. 24-29. – EDN RYHBRN.*
 10. CADLib API: от API к прямой работе с базой данных модели через SQL запросы URL: <https://dzen.ru/a/ZUSqE1UPIFyzywS>- Дата обращения: 01.12.2023
 11. Справка по T-FLEX CAD 17 URL: <https://tflexcad.ru/help/cad/17/index.html?pdf.htm> Дата обращения: 01.12.2023.
 12. Описание процессов жизненного цикла программного обеспечения семейства КОМПАС URL: https://kompas.ru/source/info_materials/2023/Описание_процессов_жизненного_цикла_КОМПАС_и_приложения_2023.pdf Дата обращения: 01.12.2023.
 13. Указ Президента РФ от 21 июля 2020 г. № 474 “О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030года” <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74304210/> Дата обращения: 01.12.2023.
 14. *Буторов В.В., Ересько С.П. Автоматизация параметрического моделирования в машиностроительном производстве. Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2012 Т. 1 № 8 С. 140-141.*
 15. *Игнатова Е. В. Параметрическое геометрическое моделирование как основа информационного моделирования зданий / Е. В. Игнатова // Информационные системы, технологии и автоматизация в строительстве: Электронный ресурс: сборник научных трудов кафедры ИСТАС НИУ МГСУ. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2015. – С. 63-70. – EDN VAIRSP.*
 16. Renga – российская BIM-система для комплексного проектирования. URL: <https://rengabim.com/renga-professional/> Дата обращения: 01.12.2023.
 17. *Перфильев П.В. Проектирование конструкций железобетонного каркаса в среде T-FLEX CAD URL: https://www.tflex.ru/pdf/public/1529.pdf* Дата обращения: 01.12.2023
 18. Система автоматизированного проектирования «САПР ПОЛИНОМ» URL: <https://www.neolant-srv.ru/product/polynom/> Дата обращения: 01.12.2023.
 19. ДОМ.РФ оценил дефицит кадров в сфере цифрового строительства в России в 100 тыс. человек URL: <https://tass.ru/nedvizhimost/18346831> Дата обращения: 01.12.2023.
 20. *Шананин В.А., Лосев К.Ю. Создание цифровых двойников в строительстве при помощи искусственного интеллекта // Электронная Инновации и Инвестиции. 2023. №6. С.357-360*
 21. Параметрическое моделирование зданий: основа технологии BIM URL: <http://www.interface.ru/home.asp?artId=22424> Дата обращения: 01.12.2023.
 22. *Лосев К.Ю., Лосев Ю.Г. Формирование технологического уклада малоэтажного жилищного строительства с применением монолитных композиционных гипсобетонов // Жилищное строительство. 2023. № 8 С. 11–20. DOI: https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-8-11-20*

ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ «УМНОГО ГОРОДА»

Н.А. Гаряев, А. Эль-Мавед

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, ahmad-p48@mail.ru

Аннотация

Развитие технологий и внедрение концепции "умных городов" привели к необходимости квантифицировать прогресс и эффективность умных решений. Целью работы является разработка методик оценки уровня интеллектуализации умного города, а задачи создание программного комплекса для поиска уровня интеллектуализации. Кроме того, статья также обсуждает примеры математических моделей и показателей, которые используются для автоматизированной оценки умных городов.

ВВЕДЕНИЕ

Термин "умный город" впервые был использован в 1980-х годах для описания городов, в которых активно использовались информационные технологии для управления городским хозяйством. В 1990-х годах этот термин стал более распространенным благодаря развитию интернета и мобильных технологий.

Идея "умных городов" начала активно развиваться в начале 21 века, когда технологии стали более доступными и широко распространенными. Интернет вещей (IoT), облачные вычисления, большие данные и другие современные технологии стали ключевыми инструментами для создания интеллектуализированных городов [1-3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Первоначально оценка уровня интеллектуализации "умного города" была субъективной и часто зависела от восприятия и оценок муниципальных властей и экспертов. Однако с ростом интереса к этой концепции стали разрабатываться более объективные методы и инструменты для оценки.

Современные методы оценки уровня интеллектуализации "умного города" включают в себя различные показатели и индикаторы, которые позволяют измерить степень внедрения технологий и инноваций в городской инфраструктуре. Некоторые из таких методов и индикаторов включают:

- Инфраструктура связи и сети;
- Использование IoT-устройств;
- Системы управления городом;
- Энергоэффективность;
- Уровень участия граждан;
- Безопасность и защита данных.

Существуют различные международные институты и организации, такие как IDC (International Data Corporation), Gartner, и McKinsey, которые разрабатывают индексы и рейтинги "умных городов". Эти индексы помогают сравнивать разные города по уровню интеллектуализации и определять лидеров в данной области.

Современные технологии, такие как искусственный интеллект, машинное обучение, анализ больших данных, также используются для сбора и анализа данных, что позволяет городам непрерывно совершенствовать свои интеллектуальные системы и улучшать качество жизни граждан.

В итоге, оценка уровня интеллектуализации "умного города" стала более объективной и основанной на конкретных данных, что помогает городским властям и разработчикам создавать более эффективные и удобные городские среды для жизни и работы граждан.

Наиболее часто в методиках оценки уровня интеллектуализации умных городов традиционно используется следующий индикаторы:

- Использование больших данных: Анализ больших данных играет важную роль в оценке "умных городов". Сбор и анализ данных о движении, потреблении энергии, качестве воды, уровне загрязнения воздуха и других параметрах позволяют оценить эффективность систем управления и выявить области для улучшения.
- Интернет вещей (IoT): Датчики и устройства интернет вещей устанавливаются в городах для мониторинга и сбора данных. Они могут измерять температуру, уровень шума, движение, и многое другое. Автоматизированные системы анализа данных могут использоваться для оценки производительности этих устройств и предоставления информации для принятия решений.
- Системы географической информации (ГИС): ГИС используются для анализа географических данных в контексте "умных городов". Эти системы могут включать картографические данные, геопространственные данные и другие сведения для анализа и визуализации информации о городской инфраструктуре.
- Искусственный интеллект и машинное обучение: Алгоритмы машинного обучения могут использоваться для анализа данных и выявления закономерностей. Искусственный интеллект также может быть применен для оптимизации процессов управления городом и автоматизации решений.
- Оценка степени участия граждан: Оценка уровня вовлеченности граждан в жизнь города может включать анализ социальных медиа, обратной связи через мобильные приложения и другие цифровые платформы.
- Анализ энергоэффективности и экологической устойчивости: Методы оценки могут включать в себя анализ энергопотребления, использование возобновляемых источников энергии, уровень выбросов и другие факторы, связанные с экологической устойчивостью [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве основы для своего исследования использовалась методика предложенная международном институтом из Швейцарии (ITU), методика претерпело кардинальные изменения, из неё были удалены индикаторы ограничивающее использование методике для большего числа умных городов и добавлены авторские индикаторы позволяющий сделать оценки более гибкой [5].

В исследование были использованы следующие общедоступные индикаторы:

- 1- Бытовой доступ в интернет;
- 2- Подписки на фиксированную широкополосную связь;
- 3- Подписки на беспроводную широкополосную связь;
- 4- Покрытие беспроводной широкополосной связи;
- 5- Умные Счетчики Воды;
- 6- Умные счетчики электроэнергии;
- 7- Динамическая информация об общественном транспорте;
- 8- Мониторинг трафика;
- 9- Студенческие ИКТ доступ [6-8].

Авторские индикаторы:

- 1- Умные автомобили: Количество автомобилей использующий технологии интернета вещи, данные от которых используется в регулировки городского уличного движение (Количество электромобили к общему количеству автомобилей).
- 2- Умные парковки: Количество парковок, оборудованных электронами системы контроля к общему количество парковок в городе.

В работе провиделся расчёт уровня интеллектуализация города Эль-Айн, в качестве сравнения использовался уровень интеллектуализация города Сингапур признанного лидера в рейтинге умных городов.

Для того чтобы определить интегрированный показатель уровни интеллектуализация использовался метод поиск средний центра взвешенное:

$$\bar{x} = \frac{x_1p_1 + x_2p_2 + \dots + x_n p_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n}$$

Где,

X – это значение индикатора в процентном выражение;

P – это весь определённый по экспертному методу [9].

Итоговые результаты вычисления приведены в рис.-1

Индикатор	значение индикатора		Весь
1- Бытовой доступ в интернет	86%	90%	9
2- Подписки на фиксированную широкополосную связь	79%	93%	6
3- Подписки на беспроводную широкополосную связь	14%	80%	8
4- Покрытие беспроводной широкополосной связи	76%	99%	9
5- Умные Счетчики Воды	25%	21,50%	4
6- Умные счетчики электроэнергии	90%	20,80%	4
7- Динамическая информация об общественном транспорте	13%	90%	4
8- Мониторинг трафика	43%	85%	4
9- Студенческие ИКТ доступ	53%	98%	5
10- Умные автомобили	0,00%	0,00%	3
11- Умные парковки	17,94%	30%	4
Средний взвешанный:		29,94	42,60 %

Рис. 1. Уровень интеллектуализации

В результате проведённых вычисления были получены следующие результаты:

Уровень интеллектуализации города Эль-Айн составил 29,94, а города Сингапур 42,60.

Разница составила 30 %, что является объективный показатель.

ВЫВОДЫ

Автоматизированная оценка уровня интеллектуализации "умного города" является важным инструментом для муниципальных властей и разработчиков, позволяя оптимизировать городскую инфраструктуру и повышать качество жизни граждан. Математические методы и формулы играют важную роль в этом процессе, обеспечивая объективные и количественные показатели интеллектуализации города.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шепард, Марк (2011). Разумный город: повсеместные вычисления, архитектура и будущее городского пространства. Нью-Йорк . ISBN 978-0262515863.
2. Бэтти, М.; и другие. (2012). «Умные города будущего» . Европейский физический журнал ST . 214 : 481–518. Бибкод : 2012EPJST.214..481B . doi : 10.1140/epjst/e2012-01703-3 .
3. Таунсенд, Энтони (2013). Умные города: большие данные, гражданские хакеры и поиски новой утопии . WW Нортон и компания. ISBN 978-0393082876.
4. Программа ООН по населенным пунктам (ООН-Хабитат) International Guideline On Urban And Territorial Planning Международные рекомендации ООН-ХАБИТАТ по-городскому и территориальному планированию http://unhabitat.ru/assets/files/publication/Brochure_IG-UTP_Russian_small.pdf 17.11.2023
5. Sri Rum Giyarsih, Maryam Qonita, Smart city assessment using the Boyd Cohen smart city wheel in Salatiga, Indonesia. GeoJournal 88(1):1-14, DOI:10.1007/s10708-022-10614-7 March 2022
6. “Kramers, A., Höjer, M., Lövehagen, N., & Wangel, J. (2014). Smart sustainable cities–Exploring ICT solutions for reduced energy use in cities”. Environmental modelling & software, ISSN 1364-8152, E-ISSN 1873-6726 (Ст. 52-62)
7. Азгальдов Г.Г., Костин А.В., Садов В.В.: Квалиметрия для всех. «ИнформЗнание», Москва (2012).
8. Салихов М.Р., Юрьева Р.А., Алгоритм прогнозирования состояния оборудования на основе машинного обучения // Изв. Вузов. Приборостроение. 2022. Т. 65, №9. С. 648-655. DOI: 10.17586/0021-3454-2022-65-9-648-655.
9. Laylin, Taflin (10 February 2011). "Pacific Green Inaugurates Masdar City's Sustainable Palm Gates" Green Prophet. URL: <http://www.mirkrasiv.ru/articles/masdar-masdar-pervyi-v-mire-yekogorod-oaye.html>.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ДИПЛОМНЫХ РАБОТАХ СТУДЕНТОВ

Е.В. Игнатова

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
Ignatova@mgsu.ru*

Аннотация

Быстрые темпы внедрения искусственного интеллекта (ИИ) во все сферы жизни требуют анализа и пересмотра роли вузов, корректировки образовательных программ и методик. Рейтинг вузов по качеству подготовки специалистов в области искусственного интеллекта полезен, чтобы выявить слабые стороны образовательного процесса, а также повысить качество подготовки выпускников. Цель исследования – проанализировать уровень применения искусственного интеллекта в дипломных работах. Проведен поиск и анализ текстов выпускных квалификационных работ (ВКР) студентов бакалавриата и магистратуры по строительному и IT направлениям подготовки. В результате анализа были определены три уровня применения искусственного интеллекта: обсуждение возможностей ИИ; использование готовых программных средств ИИ; применение методов ИИ для создания моделей и решения задач ВКР. В каждой группе проведена сортировка работ в соответствии с использованными методами искусственного интеллекта. Сделан вывод об универсальном характере искусственного интеллекта для решения задач студентов различных направлений подготовки. Отмечено, что задачи ВКР, решенные методами искусственного интеллекта, могут быть использованы в учебном процессе.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время зарубежные и российские вузы уделяют всё большее внимание вопросам развития и применения ИИ в рамках своей непосредственной деятельности. С 2021 года в вузах России началось массовое внедрение дисциплин по искусственному интеллекту [1]. Быстрые темпы внедрения информационных технологий, в том числе искусственного интеллекта, требуют пересмотра роли преподавателей и педагогики в целом [2]. Требуется рассматривать цели, возможности, проблемы и риски влияния ИИ на высшее образование, а также анализировать роль вузов для дальнейшего развития ИИ [3,4]. Обсуждается, где и как в образовательном процессе можно применять системы искусственного интеллекта [5,6]. Сформулирована необходимость в разработке профессионального стандарта для специалистов в области искусственного интеллекта и машинного обучения [7]. Выявлены и проанализированы ключевые особенности управления разработкой и реализацией программ обучения большим данным и искусственному интеллекту в топ-15 университетах страны [8].

В 2023 году организация «Альянс в сфере искусственного интеллекта», который занимается продвижением искусственного интеллекта в образовании, научных исследованиях и в практической деятельности бизнеса, составила первый рейтинг вузов по качеству подготовки специалистов в области искусственного интеллекта. Исследования затронули направления подготовки, связанные с математическими и компьютерными науками. Методика исследования, согласованная с Минобр РФ, включает ряд показателей, в том числе научные публикации, а также наличие в вузе сквозных программ, связанных с искусственным интеллектом. Сквозные программы обеспечивают дополнительную возможность для изучения искусственного интеллекта широкому кругу студентов, преподавателей и специалистов разных направлений деятельности. Представленный рейтинг вузов должен помочь выявить слабые стороны образовательного процесса в вузе, а также должен способствовать повышению качества подготовки выпускников [9].

В соответствии с рейтингом НИУ МГСУ попал в самую многочисленную группу D. В университете реализуется широкий круг программ ДПО, посвященных технологиям искусственного интеллекта. Дисциплина «Основы искусственного интеллекта» включена в учебные планы всех профилей бакалавриата по направлению подготовки «Информационные системы и технологии», а также по направлению подготовки «Строительство». Независимо от учебных планов многие студенты и преподаватели интересуются методами искусственного интеллекта, что находит отражение в научных публикациях и в ВКР студентов. Многие преподаватели прошли обучение по ИИ в школе Сбера, а также на других серьезных курсах повышения квалификации.

Предмет исследования: применение искусственного интеллекта в образовательном процессе строительного вуза. Цель исследования – анализ применения ИИ в ВКР студентов.

Задачи исследования:

- анализ ВКР 2023 года бакалавров и магистров по направлению подготовки «Информатика и вычислительная техника» и магистров профиля «Информационное моделирование в строительстве» по направлению «Строительство»;
- определение уровня использования методов ИИ в ВКР студентов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Применялись теоретические методы исследования. Исследованы современные тенденции и критерии оценки рейтинга вузов с точки зрения подготовки специалистов со знаниями в области ИИ. Проведен анализ текстов и результатов ВКР студентов, выпускников кафедры ИСТАС НИУ МГСУ на предмет применения ИИ для решения задач. Проведен автоматический поиск текстов, в которых использовались слова, имеющие корни, соответствующие словам «интеллект», «машинное», «обучение», «эволюция», «генетический», «galapogos», «экспертная», «дерево», «бустинг» и подобные. Проведен визуальный и смысловой анализ текстов. Выпускные работы классифицировались на три группы в зависимости от уровня значимости найденных слов. В каждой группе проведена сортировка работ в соответствии с использованными методами ИИ.

ИИ относится к сквозной цифровой технологии Индустрии 4.0, способной найти применение в разных отраслях экономики, науки и образования. Понятие «искусственный интеллект» в публикациях трактуется очень широко, что связано со спецификой применения этой технологии. ИИ ассоциируется: с методикой решения задач, с областью изучения компьютерных технологий, со свойствами машин и искусственных систем [10]. Наиболее универсальное определение было дано в Стратегии развития искусственного интеллекта в РФ на период до 2030 года. Искусственный интеллект определен как комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека.

Можно выделить пять направлений научных исследований и использования ИИ:

- системы, основанные на знаниях (экспертные системы);
- нечеткая логика (нечеткие множества и мягкие вычисления);
- машинное обучение (Machine Learning);
- искусственные нейронные сети;
- эволюционное моделирование (генетические алгоритмы, многоагентные системы).

В 2023 году выпускники кафедры Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве из разных уровней подготовки проявили значительный интерес к использованию ИИ в дипломных работах. Уровень применения ИИ очень разнообразный. Это связано с разными направлением подготовки студентов: для сферы информационных технологий или для сферы строительства. Кроме того, надо учесть, что работа с технологиями ИИ – это только одна из задач ВКР, соответствующих направлениям подготовки студентов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Далее представлены результаты анализа ВКР и примеры применения ИИ в дипломных работах студентов. При обсуждении работ указаны уровень образования студентов и их направление подготовки: (IT) или (строительство). Работы сгруппированы в соответствии с направлениями использования ИИ. В результате анализа ВКР студентов были определены три уровня применения методов ИИ:

- 0 уровень. Обсуждение возможностей ИИ;
- 1 уровень. Использование готовых программных средств для решения задачи ВКР;
- 2 уровень. Применение методов ИИ для моделирования и решения задач ВКР.

0 уровень. Обсуждение возможностей ИИ.

В дипломных работах обсуждаются актуальные технологии ИИ и возможность их применения для решения конкретных задач ВКР. Выявленные достоинства методов ИИ предполагается использовать при последующих исследованиях и решениях практических задач.

В работе магистра (строительство) обсуждается проблема превышения ПДУ звука для территории, прилегающей к жилым и общественным зданиям. Предлагается мониторинг звукового шума и передача данных в контрольно-надзорные органы. Проведен поиск программных продуктов для решения задачи мониторинга с интеллектуальным анализом данных. Отмечено программное обеспечение BMSTU AI PLATFORM, которое позволяет создавать, обучать или использовать обученные модели искусственного интеллекта (ИИ) без необходимости прямого кодирования. ПО имеет функцию учета временного ряда и выборки данных, что позволяет его преобразовать в программное решение для мониторинга шума. Не удалось обнаружить систему, способную объединить в одном ПО решение следующих задач:

регистрация, запись, архивирование звуков; организация рабочего места диспетчера; интеллектуальная аудиоаналитика для отслеживания превышения шума. Итогом ВКР стало создание концепции информационной системы, способной объединить в себе решение вышеуказанных задач.

1 уровень. Использование готовых программных средств для решения задачи ВКР.

В дипломных работах есть обзор и сравнительный анализ программных продуктов, которые можно использовать для решения задачи ВКР. Есть и результаты их применения.

В работе магистра (строительство) решается задача классификации элементов цифровой информационной модели объекта капитального строительства (ОКС). Система классификации строительной информации позволяет структурировать данные инвестиционно-строительного проекта и обеспечивать удобный доступ к ним на всех этапах жизненного цикла ОКС. В данной работе анализировалась классификация элементов цифровой информационной модели (ЦИМ) со стороны заказчика с использованием классификатора девелоперской компании ГК «Пионер». Для автоматизации трудоемкого процесса классификации объектов в ЦИМ предложено использовать отечественный программный комплекс IMPulse, который взаимодействует с программами информационного моделирования. Программа получает из ЦИМ информацию о свойствах объектов и классифицирует их с помощью различных классификаторов. Затем результаты классификации возвращаются в исходную программу. Программа IMPulse основана на методах машинного обучения, использующих трансферное обучение для автоматического предсказания наиболее вероятного класса. Необходимо провести обучение модели на тренировочной выборке. Затем, элементы, используя IMPulse, передаются для классификации в облако, и программа выдает предсказанный класс элементов, а также оценку уверенности в правильности предсказания. При формировании таблицы характеристик элементов в рамках процесса классификации предоставляются следующие данные: уникальный идентификатор элемента, множество свойств элемента,

соответствующих заданным наборам атрибутов, реальный класс элемента в случае, если он существует, класс, предсказанный ИИ, вероятность правильного предсказания, величину корректировки, которая может быть внесена вручную при необходимости, и количество элементов.

В работе другого магистра (строительство) предметной областью исследования является классификация элементов цифровой информационной модели здания с учетом классификатора строительной информации (КСИ). Классификатор имеет сложную фасетную структуру. Была предложена модель на основе многоуровневой иерархической структуры объединенных таблиц КСИ и разработана методика классификации элементов ОКС через сводную таблицу, основанную на многоуровневом коде КСИ. Выполнена программная реализация модели. Также в работе был использован программный комплекс IMPulse.

Традиционно многочисленно представлены в ВКР задачи алгоритмического проектирования, решаемые с применением эволюционных алгоритмов. Как правило, работа проводится с программными продуктами Rino и Grasshopper. Эволюционные алгоритмы используются в виде модуля Galapagos языка визуального программирования. В этом модуле реализован генетический алгоритм формирования вариантов решения задачи с учетом заданных целей и ограничений. Для генерации вариантов проектных решений необходимо создать и реализовать алгоритм в виде скрипта на языке визуального программирования.

В работе магистра (строительство) проводилась генерация формы здания в существующей застройке с учетом максимизации площади помещений и инсоляции здания (рис.1). На основе этой формы искусственный интеллект должен создать варианты геометрии здания с учетом ограничивающих параметров. Для генерации геометрии здания исследованы методы «в случайном порядке», «в таком виде», «распределить равномерно». Проведен сравнительный анализ методов. Разработанный алгоритм можно использовать совместно с моделированием зданий в программе Revit или Renga.

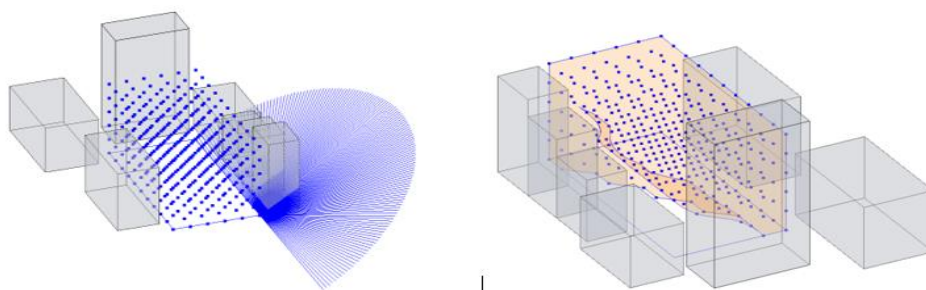


Рис. 1. Моделирование солнца и вычисление области с хорошей инсоляцией

В работе бакалавра (IT) методами имитационного моделирования проведено вариантное проектирование пешеходной сети микрорайона (рис.2). В оценке полученных вариантов использованы длины путей и площади дорожного покрытия.



Рис. 2. Построение главной пешеходной трассы и прилегающих дорог на территории микрорайона

Аналогичная задача генеративного проектирования решалась в работе бакалавра (ИТ). На выбранном участке земли (карты) была сгенерирована параметрическая модель здания для применения эволюционных алгоритмов с расчетом параметров энергоэффективности здания. Проведен климатический анализ местности. В параметрическую модель заложены: габаритные характеристики; параметры, управляющие схемами фасадов и декоративных частей здания; пространственные характеристики расположения и ориентации здания. В результате работы эволюционных алгоритмов удалось найти оптимальное сочетание характеристик здания, угла поворота и точки размещения здания на участке. Получены диаграммы уровня солнечной радиации и количества часов освещенности точек здания (рис. 3). Полученная геометрия здания была интегрирована в среду информационного моделирования.

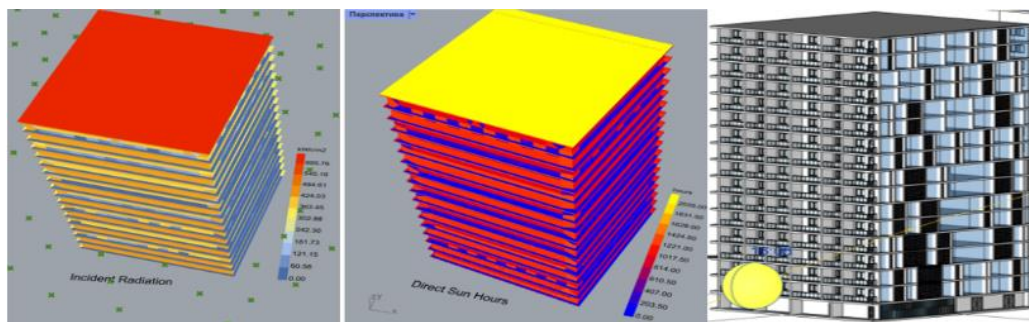


Рис. 3. Диаграммы солнечной радиации, времени освещения и конфигурации деталей фасада

Генерация объемно-планировочных решений была использована в ВКР бакалавра (ИТ) в процессе создания автоматизированной системы разработки проектных решений центров обработки данных (ЦОД). Были учтены все необходимые функциональные зоны и рассчитаны потребности в оборудовании.

Генеративное проектирование дает возможность не только генерировать множество вариантов на основе заданных параметров и критериев, но также позволяет проводить оптимизацию и поиск наилучших решений. Поиск оптимального решения городской застройки с учетом рациональности использования пространства, энергоэффективности, социальной удовлетворенности и обеспечения «зеленых стандартов» был проведен в работе бакалавра (ИТ). В качестве параметров застройки выбраны: контуры участков застройки; расстояния до объектов инфраструктуры и их веса; площади зон отдыха и процент озеленения; геометрические параметры зданий.

2 уровень. Применение методов ИИ для моделирования и решения задач ВКР.

Следующий уровень применения ИИ предполагает создание собственных интеллектуальных моделей и систем.

В магистерской ВКР (строительство) была поставлена задача классифицировать коллизии, которые возникают в сводной ЦИМ ОКС в процессе междисциплинарного согласования проектных решений. Рассматривалась бинарная классификация коллизий на релевантные (обязательные к исправлению) и нерелевантные. Выбраны методы машинного обучения для классификации данных: метод опорных векторов (SVM), классификатор k-ближайших соседей (k-NN), линейная регрессия (LR), латентное размещение Дирихле (LDA), метод бинарных деревьев (CART), генеративно вероятностная модель (NB). Подготовлены данные результатов поиска коллизий, проведено обучение модели с привлечением знаний экспертов, проведено исследование и оценка применимости перечисленных алгоритмов.

Очень актуальная тема применения классификатора строительной информации (КСИ) нашла отражение в работе бакалавра (ИТ). Обсуждалась тема автоматизации кодирования компонентов информационной модели в соответствии с КСИ. В алгоритме разработанного

плагина использованы искусственные нейронные сети. Применялись библиотеки Python NumPy, TensorFlow (Keras). Плагин разработан для интеграции с программой Autodesk Revit.

Серьезная проблема реализация методов защиты информационных систем в аппаратно-программных комплексах специального назначения обсуждалась в работе магистра (ИТ). Для классификации угроз использованы такие методы ИИ, как метод опорных векторов и метод деревьев решений. В ходе выпускной квалификационной работы было разработано приложение по отслеживанию атак. Были даны рекомендации по обеспечению информационной безопасности.

Методы компьютерного зрения были использованы в ВКР магистра (ИТ). Разработана автоматизированная система распознавания защитных спецсредств (СИЗ) на строителях. Для создания и обучения нейронной сети в ходе анализа и сравнения был использован алгоритм компьютерного зрения YOLOv8 и библиотека компьютерного зрения OpenCV. Использован язык программирования Python. Для обучения сверточной нейросети был создан набор данных с 202 различными изображениями. Нейронная сеть обучалась распознавать отдельные элементы: сначала людей в кадре, а затем наличие на них СИЗ. Результатом работы стала автоматизированная система распознавания объектов и средств индивидуальной защиты.

Большой набор методов машинного обучения использован в работе магистра (ИТ) для прогнозирования прочности бетона. В качестве входных данных фигурировали цемент, шлак, зольная пыль, вода, суперпластификатор, щебень, песок, возраст бетонной смеси. В качестве цели обучения выступало прогнозирование прочности бетона на сжатие. Использованы методы машинного обучения: automatic relevance determination (ARD regression) – разновидность байесовской регрессии; деревья решений; бэггинг регрессор (Bagging regressor) – ансамблевый алгоритм; случайный лес (Random forest) – ансамбль независимых решающих деревьев; градиентный бустинг. По результатам расчетов наиболее точной получилась модель градиентного бустинга.

Экспертные системы, как правило, создаются для поддержки принятия решений. Бакалавр (ИТ) занимался разработкой семантической сети для информационной поддержки принятия решений на этапе формирования технического задания (ТЗ) на проектирование объекта капитального строительства. Проведена формализация знаний. Рассмотрены случаи возникновения ошибок при создании ТЗ. Создана семантическая сеть информационной поддержки принятия решений на предпроектной стадии ЖЦ здания. Разработан WEB-интерфейс экспертной системы с представлением ее семантической сети.

Семантические сети относятся к области ИИ, в том числе к методам представления знаний. Семантические сети помогают визуализировать и понять сложные отношения и иерархии, позволяют делать выводы на основе этих отношений и могут использоваться для выполнения сложных запросов к базам данных.

Магистр (ИТ) на основе семантических сетей разработал «Базу знаний коммерческой тендерной площадки заказов на стадии строительства жизненного цикла здания». Для тендерной площадки определены сущности, отношения и атрибуты семантической сети (рис.4). Сформулированы предикаты для базы знаний. Выполнена программная реализация базы знаний и связанной с ней базы данных.

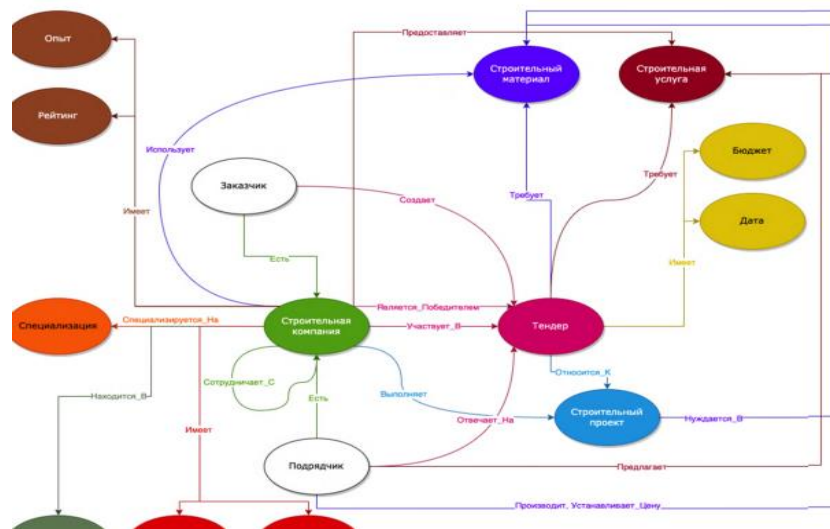


Рис. 4. Семантическая сеть экспертной системы

Созданием специализированной экспертной системы для оценки прочностных характеристик несущих конструкций здания занимался магистр (ИТ). В процессе разработки системы были определены и учтены основные факторы, влияющие на прочность несущих конструкций, такие как материалы, геометрия, условия эксплуатации и внешние нагрузки. Создана база знаний экспертной системы, которая оценивает прочностные характеристики несущих конструкций на основе данных о твердении бетона.

ВЫВОДЫ

В результате анализа ВКР сделан вывод об универсальном характере искусственного интеллекта для решения задач студентов различных направлений подготовки.

Активность студентов и квалификация преподавателей позволяют успешно выбирать и применять разнообразные методы ИИ. Появляется возможность шире использовать методы ИИ для решения задач ВКР.

Задачи ВКР, выполненные с применением методов ИИ, могут использоваться в учебном процессе в дисциплинах «Основы ИИ» и «Методы ИИ».

Есть надежда, что в результате массового изучения ИИ студентами различных направлений подготовки, появится еще большее количество ВКР с решением задач на основе методов ИИ.

Есть предложение в перспективе ввести в рейтинг вузов пункт с оценкой уровня применения ИИ в ВКР студентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пантелева Л.Р. О разработке курса «Системы искусственного интеллекта» для подготовки бакалавров ИТ-направлений/ В сборнике: Наука, образование: современные цифровые технологии формирования экосреды инновационного развития региона в условиях системных преобразований. Материалы национальной научно-практической конференции. Казань, 2022. С. 66-71.
2. Итинсон К.С., Чиркова В.М. К вопросу о влиянии искусственного интеллекта на сферу современного образования/ Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2021. Т. 10. № 1 (34). С. 299-301.
3. Петров А.М., Левашов Д.Е. Высшая школа как движущая сила развития технологий в сфере искусственного интеллекта/ Бизнес. Образование. Право. 2023. № 4 (65). С. 455-462.
4. Брызгалова Е. В. Искусственный интеллект в образовании. Анализ целей внедрения / Человек. 2021. Т. 32. № 2. С. 9—29. DOI: 10.31857/S023620070014856-8.
5. Данилов С.А., Аникин Д.А., Валеев А.Р., Слудников В.М., Мухамадиев А.Р., Гафиятуллина А.Р. Применение ИИ в вузах, технологии и методы/ В сборнике: Fundamental science innovation and technology. Сборник научных статей по материалам II Международной научно-практической конференции. Уфа, 2023. С. 217-221.
6. Афанасьева Ж.С., Афанасьев А.Д., Подлияев О.Л. Методологические подходы к преподаванию искусственного интеллекта в техническом вузе/ Успехи гуманитарных наук. 2022. № 1. С. 194-201.
7. Сорокина Г.П., Долгих Е.А., Першина Т.А. Анализ профессиональных навыков специалистов в сфере

- искусственного интеллекта/ Вестник университета. 2022. № 4. С. 81-89.
8. Лукашенко М.А., Шарова Е.А., Шаров А.И. Обучение сквозным технологиям в российских университетах: масштаб и особенности управления. Современная конкуренция. 2023. Т. 17. № 2 (92). С. 124-139.
 9. Рейтинг вузов по качеству подготовки специалистов в области искусственного интеллекта.- Альянс в сфере ИИ. 2023. URL: https://rating.a-ai.ru/assets/documents/rating/Отчет_рейтинг_вузов_1.0_2Ye79qB.pdf
 10. Лысачев М.Н., Прохоров А.Н. Искусственный интеллект. Анализ, тренды, мировой опыт – Корпоративное издание. – Москва ; Белгород : КОНСТАНТА-принт, 2023.

СОРТИРОВКА КОЛЛИЗИЙ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВРЕМЕНИ ИНЖЕНЕРОВ

С.И. Евтушенко¹, Р.В. Осташев²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹evtushenkosi@mgsu.ru

²lemon-noman@yandex.ru

Аннотация

Авторы предлагают методику обработки цифровых информационных моделей и коллизий пересечения, для определения весов элементов, участвующих в коллизиях пересечения, с целью их дальнейшей сортировки, независимую от конкретной системы информационного моделирования. В статье описывается использование метода частотного анализа коллизий пересечения с использованием коэффициента качества цифровых информационных моделей. В ходе исследования была проанализированная выборка цифровых информационных моделей, на основе которой предложены первоначальные веса элементов, для сортировки найденных коллизий пересечения. Сортировка коллизий необходима для рационального использования рабочего времени высококвалифицированных инженеров, работающих с цифровой информационной моделью, а также для систематической, следовательно более эффективной, работы с коллизиями пересечения на стадии разработки проектной и рабочей документации. Авторы также предлагают направления дальнейшего исследования и проработки данной тематики.

ВВЕДЕНИЕ

Повышение качества принимаемых проектных решений — одна из задач цифровизации строительной отрасли, с которой сталкивается каждый проектный институт при переходе на технологии информационного моделирования, ещё такие задачи называют BIM-сценарии (BIM Use). Поиск коллизий пересечения (далее коллизии) цифровых информационных моделей (ЦИМ) один из способов выполнения такого BIM-сценария.

С ростом размера объекта капитального строительства и увеличением количества разрабатываемых дисциплинарных информационных моделей, количество внутри- и междисциплинарных коллизий при создании сводной информационной модели увеличивается. Но не все коллизии между собой равны, есть те, исправление которых имеет больший приоритет, например, это могут быть коллизии с участием несущих элементов или сложного технологического оборудования, а также есть коллизии, на исправление которых уйдёт в разы больше времени и денег, чем на исправление их уже на строительной площадке, например коллизии с метизами. Встаёт вопрос о сортировке коллизий и установлении приоритетов их исправления специалистами.

Исследователи сходятся во мнении о необходимости таких проверок как внутри одной дисциплинарной информационной модели, так и между дисциплинарными ИМ [1-6, 12-16].

Также исследователи много внимания уделяют коллизиям пересечения инженерных сетей как друг с другом, так и с архитектурно-конструктивными элементами [7-11], коллизии конструктива и архитектуры в публикациях встречаются реже.

Целью данной статьи является определение методики математического нахождения веса элемента на основе выборки ЦИМ из открытых источников. Данная статья является логическим продолжением предыдущей статьи [12].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исходные данные

В первую очередь необходимо определить k_j — коэффициент объективного качества j -й ЦИМ, поскольку коллизии из более проработанной и детализированной ЦИМ, по-другому

более качественной ЦИМ, должны иметь больший вес в итоговом результате, по сравнению с менее качественными ЦИМ.

Определение коэффициента качества ЦИМ

Для определения объективного коэффициента качества ЦИМ необходимо определить \overline{Q}_j — среднее значение отношения между количеством элементов и объектов к количеству найденных коллизий в j -й ЦИМ (Формула (1)), и D — детализацию j -й ЦИМ (Формула (2)).

Значение \overline{Q}_j показывает зрелость ЦИМ, чем больше количество элементов и объектов на коллизию, тем ЦИМ более проработана.

$$\overline{Q}_j = \frac{E_j + O_j}{2C_j} \quad (1)$$

где E_j – количество элементов в j -й ЦИМ;

C_j – количество коллизий в j -й ЦИМ;

O_j – количество объектов в j -й ЦИМ.

Значение D показывает детализацию модели, сколько объектов используется в элементах ЦИМ.

$$D = \frac{O_j}{E_j} \quad (2)$$

Коэффициент качества j -й ЦИМ определяется по Формуле (3). Значение k_j показывает качество проектных решений и качество моделирования ЦИМ.

$$k_j = \overline{Q}_j \cdot D \quad (3)$$

Коэффициент k_j определяется для каждой ЦИМ, которая участвует в определении весов элементов.

Определение веса элемента

Для определения веса элемента необходимо определить U_{ij} — однотипность j -й ЦИМ по i -му элементу. Поскольку в ЦИМ могут преобладать определённые типы элементов, с помощью определения однотипности можно понизить приоритет таких однотипных ЦИМ.

Однотипность j -й ЦИМ по i -му элементу определяется по Формуле (4). Значение U_{ij} показывает отношение количества i -го элемента, найденного в коллизиях к количеству всех элементов j -й ЦИМ.

$$U_{ij} = \frac{E_i}{E_j} \quad (4)$$

где E_i – количество i -го элемента, найденного в коллизиях j -й ЦИМ.

Вес i -го элемента в j -й ЦИМ определяется по Формуле (5).

$$W_{ij} = k_j \frac{F_{ij}}{U_{ij}} \quad (5)$$

где F_{ij} – частота i -го элемента, найденного в коллизиях j -й ЦИМ.

Итоговый вес i -го элемента определяется по Формуле (6).

$$W_i = \sum_{k=1}^n W_{ik} \quad (6)$$

где n – количество ЦИМ, в коллизиях которых найден i -й элемент.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В рамках исследования было проанализировано 24 ЦИМ из открытых источников, определение их коэффициента качества. Коэффициенты качества у ЦИМ различаются и необходимо выполнить процедуру проверки крайних значений на принадлежность выборке.

После определения коэффициента качества определяется W_{ij} — вес i -го элемента в j -й ЦИМ (Формула (5)). Далее по Формуле (6) определяется W_i — вес каждого i -го элемента, веса элементов представлены на Рис. 1. Для удобства дальнейшей работы абсолютные веса W_i приводятся в относительном виде от общей суммы весов (общая сумма весов принята за 1000).

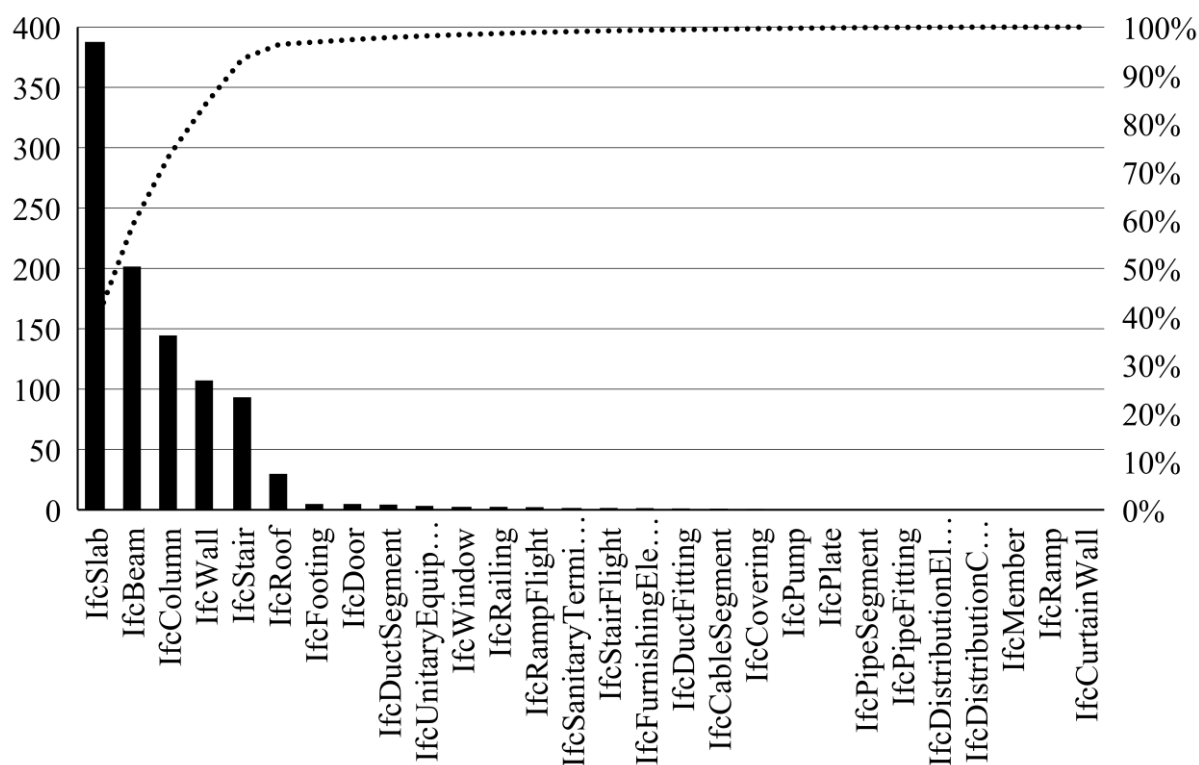


Рис. 1 Распределение весов элементов

ВЫВОДЫ

После проведённого анализа видно, что наибольшим приоритетом обладают архитектурные и несущие конструктивные элементы: перекрытие, балка, колонна, стена, лестница и крыша. Используя значения данных весов, можно сделать сортировку коллизий и определить приоритет их исправления, что увеличит рациональность использования времени высококвалифицированных инженеров, занятых в работе над проектом.

Для улучшения качества полученных данных необходимо увеличить выборку ЦИМ, используемую в анализе и при возможности использовать проклассифицированные модели. Использование проклассифицированных моделей позволит более точно распределить веса элементов для их приоритизации.

В качестве направлений дальнейшего исследования можно выделить: улучшение методики определения коэффициента качества ЦИМ и весов элементов, провести экспертный анализ и сравнить его с данными, полученными математическим путём, выделить в группы элементы с малым приоритетом.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Захарова, Ю.* Автоматические проверки на коллизии в Pilot-BIM / Ю. Захарова, М. Шишкина // САПР и графика. – 2021. – № 6(296). – С. 30-36. – EDN NQPPDK;
2. Как BIM помогает выявлять коллизии: опыт пользователя системы Renga // САПР и графика. – 2022. – № 6(308). – С. 14-17. – EDN TCXRKB;
3. *Субботина, М.* Российские BIM-технологии: CADLib Модель и Архив как инструмент BIM-менеджера / М. Субботина // САПР и графика. – 2022. – № 1(303). – С. 41-45. – EDN WTFNYE;
4. *Алиева, Д. Н.* Разработка алгоритма поиска коллизий при построении bim-модели / Д. Н. Алиева // Строительство - формирование среды жизнедеятельности: XXI Международная научная конференция: сборник материалов семинара «Молодежные инновации», Москва, 25–27 апреля 2018 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2018. – С. 8-10. – EDN USLUBL;
5. *Алиева, Д. Н.* Автоматизация поиска коллизий при построении BIM-модели / Д. Н. Алиева // Дни студенческой науки : Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов Института экономики, управления информационных систем в строительстве и недвижимости НИУ МГСУ за 2017-2018 учебный год, Москва, 12–16 марта 2018 года / Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет; Редколлегия: Волков, А.В. Гинзбург, Верстина, А.Д. Ишков, О.Н. Кузина, Д.Н. Силка, П.Г. Грабовый. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2018. – С. 323-325. – EDN XSYKUP;
6. *Реммельг, Я. А.* Автоматизированные проверки на коллизии в программе Pilot-BIM / Я. А. Реммельг, М. А. Шиянов, А. С. Кучеренко // Образование. Наука. Производство: Сборник докладов XIV Международного молодежного форума, Белгород, 13–14 октября 2022 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 223-227. – EDN JEUFWA;
7. *Червова, Н. А.* Коллизии инженерных систем при проектировании в BIM платформах / Н. А. Червова, Д. О. Лепешкина // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2018. – № 3(66). – С. 19-29. – DOI 10.18720/CUBS.66.2. – EDN XTYVNZ;
8. *Червова, Н. А.* Инструменты поиска коллизий инженерных систем при работе в BIM-платформах / Н. А. Червова, Д. О. Лепешкина // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки : Электронный сборник статей по материалам LXIV студенческой международной научно-практической конференции. Том 4 (63) : Ассоциация научных сотрудников "Сибирская академическая книга", 2018. – С. 22-29. – EDN XONKXJ.
9. *Кочкарева, М. Б.* Преимущества BIM-технологий при решении проблемных вопросов реновации и реконструкции инженерных сетей / М. Б. Кочкарева // Инновационные методы организации строительного производства : материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 17–18 ноября 2022 года / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – С. 126-131. – EDN ZRIJDW;
10. *Иванов, А. Ю.* BIM-модели: борьба с коллизиями при проектировании инженерных систем / А. Ю. Иванов, В. А. Ливанов // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2023. – № 5. – С. 52-64. – EDN YJRKUS;
11. *Курас, М. В.* Управление инженерными сетями здания с помощью BIM-модели / М. В. Курас, Д. Р. Исламгалиева, Р. К. Нурисламова // Актуальные проблемы технических, природных и гуманитарных наук : Материалы Международной научно-технической конференции, Уфа, 29 октября 2021 года. – Уфа: Издательство УГНТУ, 2021. – С. 17-21. – EDN NPZCBO;
12. *Евтушенко С. И., Остаев Р. В.* Сортировка коллизий пересечения // Строительство и архитектура. 2023. №. 3. С. 10-10. DOI: <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2023-11-3-10-10> (дата обращения: 19.11.2023);
13. *Ostashev R.* Automated verification of information models for capital construction projects to mitigate environmental impact //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 383;
14. *Strug, B.* Reasoning about accessibility for disabled using building graph models based on BIM/IFC / B. Strug, G. Ślusarczyk // Visualization in Engineering. – 2017. – Vol. 5, No. 1. – P. 1-12. – DOI 10.1186/s40327-017-0048-z. – EDN ZJVJNP;
15. *Lu, Y.* Dynamic Data Monitoring of Building Information of Nano-Modified Building Steel Structure Materials Using BIM Model / Y. Lu, C. Zhang // Integrated Ferroelectrics. – 2021. – Vol. 216, No. 1. – P. 197-213. – DOI 10.1080/10584587.2021.1911269. – EDN LMDDTI;
16. *Alamedy, Sh. G. H.* Execution Quality of Construction Projects with Building Information Modeling BIM-technology / Sh. G. H. Alamedy // Engineering Journal of Don. – 2023. – No. 4(100). – P. 661-683. – EDN LQAWPY;

АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ САПР ДЛЯ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕШЕХОДНОГО МОСТА

А.А. Смирнов¹, А.Н. Маринин²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», 625000, Уральский федеральный округ, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38,

¹*alexsmir18@mail.ru,*

²*a-marinin@yandex.ru*

Аннотация

В данной статье были представлены сравнительному анализу программные комплексы SOFiSTiK и Лира 10.12 при расчете пешеходного моста с несущими конструкциями в виде решетчатой фермы. Предметом исследования является сравнение результатов расчета в двух программных комплексах с ручным расчетом. Данное исследование направлено на то, чтобы стать определяющим фактором в выборе программного комплекса для расчета мостовых сооружений в соответствии с отечественными нормами. Метод исследования – эмпирический, в исследовании сравнивались результаты расчета при равных условиях. В результате исследования программный комплекс SOFiSTiK имел наибольшие отклонения от ручной проверки по формулам нормативных документов РФ. Ручной расчет показал схожесть со значениями, полученными в программном комплексе Лира 10.12.

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование мостовых сооружений – это сложная комплексная задача, в которой должно учитываться множество факторов. На проектировщиков возложена большая ответственность по обеспечению безопасности эксплуатации, надежности и долговечности конструкции. Согласно данным [1] на сегодняшний день в России насчитывается 42 тыс. мостов, их протяженность достигает 20 тыс. км, при этом каждый год в стране открывается в среднем по 200 новых мостовых сооружений.

Согласно ФЗ №384 [2], строительные конструкции должны обладать такой прочностью и устойчивостью, чтобы в процессе строительства и эксплуатации не возникало угрозы причинения вреда жизни или здоровью людей, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений, следовательно, на сегодняшний день, важнейшей задачей в строительной области является обеспечение механической прочности зданий и сооружений. Прочность подтверждается расчетами, однако, расчет конструкций – это сложный процесс, который требует от проектировщика концентрацию на задаче и высокий уровень знаний. Расчетные САПР призваны упростить работу проектировщика и, по возможности, помогать исключить «человеческий фактор».

Системы автоматизированного проектирования (САПР) — это программные комплексы (ПК), нацеленные на расчет, анализ проверку конструкций. Использование САПР позволяет моделировать сооружение целиком, производить расчет как отдельных элементов, так и расчет всей конструкции как единой системы. Применение САПР запускает кейс поиска коллизий (ошибочные пересечения инженерных сетей, несущих конструкций, архитектурных деталей и т. д.), а также является основой для принятия конструктивных решений и основой для 4D и 5D моделирования [3].

Таким образом, САПР сокращают время разработки проекта и уменьшают вероятность возникновения ошибок в проекте ещё на стадии его разработки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Чтобы рассчитать конструкции мостовых сооружений, обычно используют специальные программные комплексы (ПК), которые работают на основе метода конечных элементов. Для выбора ПК необходимо выполнить расчет одной и той же конструкции, провести

сравнительный анализ результатов расчета, а также провести проверочный ручной расчет [4]. В качестве ПК были выбраны Лира 10.12 (Россия) и SOFiSTiK (Германия), которые имеют российские сертификаты соответствия и достаточно давно зарекомендовали себя при расчете различных конструкций [5-7].

Расчет производился в плоской постановке задачи для пешеходного моста из металлопрофиля, схема которого приведена на рисунке 1. В качестве эксперимента сечение элементов фермы условно принято из стальных двутавров 14Б1 по ГОСТ 26020–83 [8] и стали С345, т.к. обе выбранные программы могут выполнять проверки прочности для данного типа сечения.

Пешеходная нагрузка определялась согласно СП 35.13330.2011 [9] и прикладывалась в узлах нижнего пояса ферм. В качестве постоянной принята нагрузка от собственного веса.

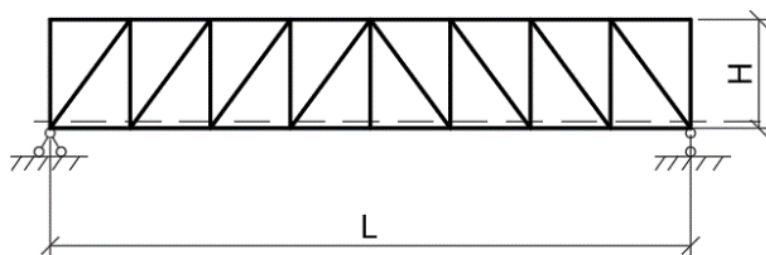


Рис. 1. Схема пешеходного моста ($L = 14$ м, $H = 1.4$ м)

Расчет в ПК SOFiSTiK:

Для начала необходимо построить расчетную схему моста, воспользовавшись встроенным модулем SOFiPLUS (-X). Расчетная схема приведена на рисунке 2.

Зададим произвольную пешеходную сосредоточенную нагрузку на узлы. Полученный результат разместим на расчетной схеме (рис. 2). Собственный вес элементов подсчитывается программой автоматически и учитывается при расчете в отдельном нагружении.

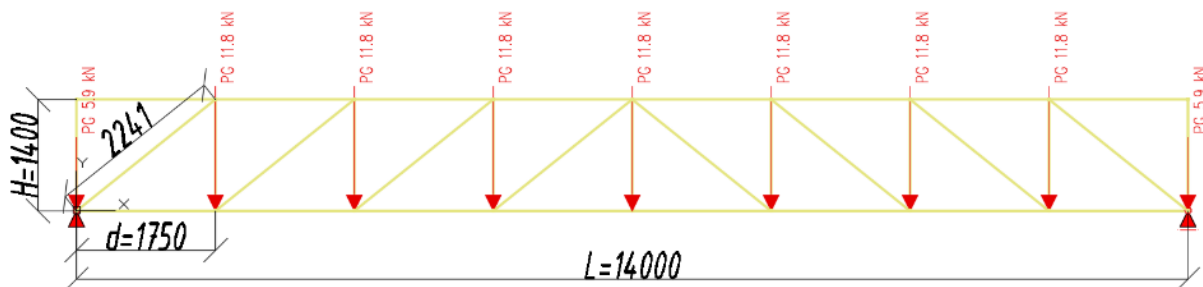


Рис. 2. Расчетная схема в ПК SOFiSTiK

Полученная конечно-элементная модель фермы представлена на рисунке 3.

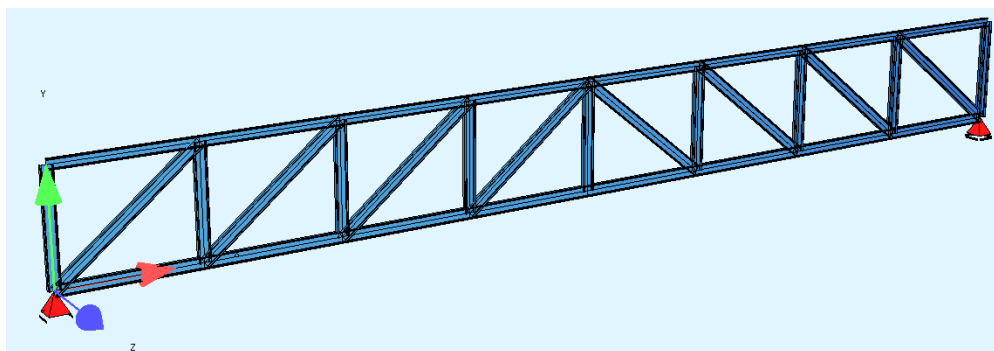


Рис. 3. Конечно-элементная модель фермы в ПК SOFiSTiK

Были определены усилия в элементах фермы (рис. 4), произведен общий конструктивный расчет элементов, т. е. выполнена проверка прочности отдельных

стержневых элементов и определены коэффициенты использования сечений согласно 8. СП 16.13330.2017 [10] (рис. 5).

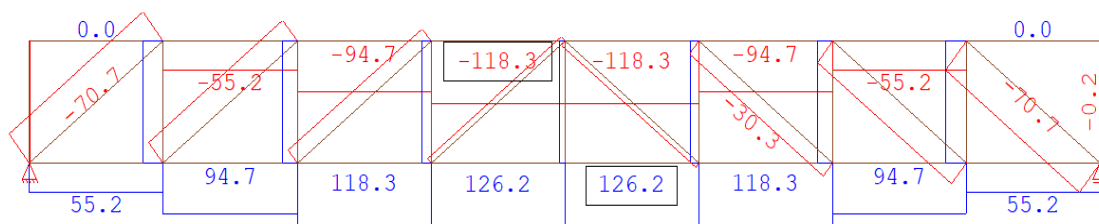


Рис. 4. Продольные усилия в элементах фермы (кН), полученные в ПК SOFiSTiK

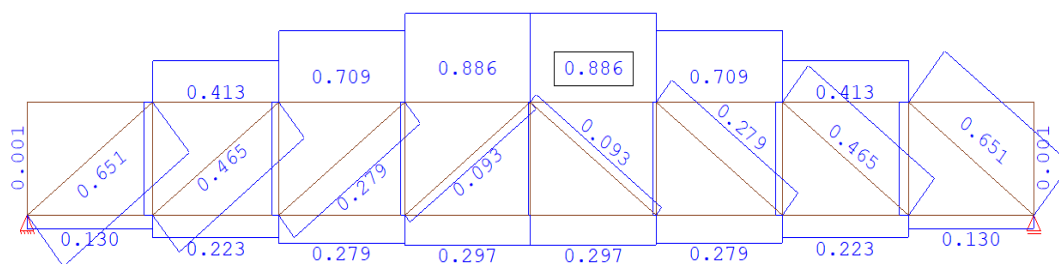


Рис. 5. Коэффициенты использования элементов фермы, полученные в ПК SOFiSTiK

Расчет в ПК Лира 10.12:

Расчетная схема фермы создана в ПК Лира 10.12 с теми же параметрами, что и в ПК SOFiSTiK (рис. 6).

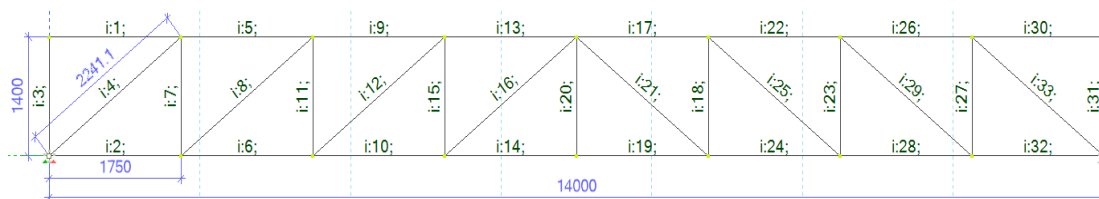


Рис. 6. Расчетная схема фермы с номерами элементов и с граничными условиями в ПК Лира 10.12

Результаты определения усилий и конструктивного расчета элементов фермы в ПК Лира 10.12 приведены на рис. 8, 9.

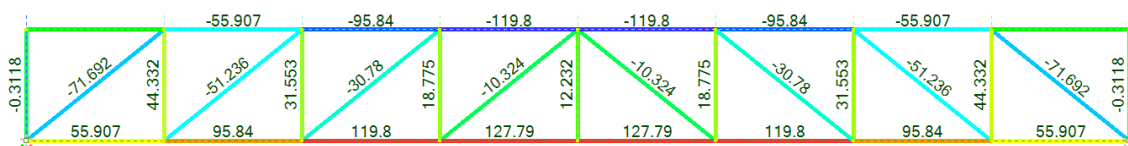


Рис. 8. Продольные усилия в элементах фермы (кН), полученные в ПК Лира 10.12

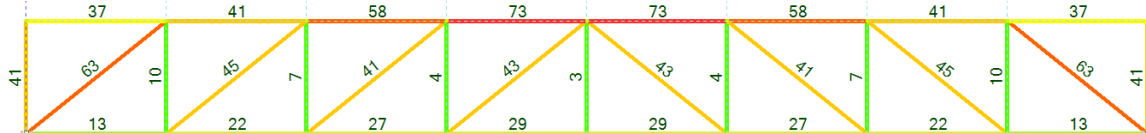


Рис. 9. Коэффициенты использования элементов фермы, полученные в ПК Лира 10.12

Кроме автоматизированного расчета в программных комплексах был выполнен ручной расчет прочности согласно п.7.1 СП 16.13330.2017 [10]

Результаты конструктивного расчета в виде коэффициентов использования заданного сечения приведены в таблице 1.

Табл. 1. Сравнение результатов конструктивного расчета

Номер элемента	Коэффициент использования		
	ПК SOFiSTiK	ПК Лира 10.12	Ручной расчет
1	0	0	0
5	0,41	0,34	0,31
9	0,71	0,58	0,54
13	0,89	0,73	0,67
17	0,89	0,73	0,67
22	0,71	0,58	0,54
26	0,41	0,34	0,31
30	0	0	0
2	0,13	0,13	0,13
6	0,22	0,22	0,22
10	0,28	0,27	0,27
14	0,3	0,29	0,29
19	0,3	0,29	0,29
24	0,28	0,27	0,27
28	0,22	0,22	0,22
32	0,13	0,13	0,13
3	0,001	0,001	0
7	0,10	0,1	0,1
11	0,07	0,07	0,07
15	0,04	0,04	0,04
20	0,03	0,03	0,03
18	0,04	0,04	0,04
23	0,07	0,07	0,07
27	0,10	0,1	0,1
31	0,0	0,001	0
4	0,66	0,65	0,63
8	0,47	0,47	0,45
12	0,28	0,28	0,27
16	0,09	0,09	0,09
21	0,09	0,09	0,09
25	0,28	0,28	0,27
29	0,47	0,47	0,45
33	0,66	0,65	0,63

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнивая результаты, полученные в ПК SOFiSTiK и ПК Лира 10.12, видно, что в ПК SOFiSTiK коэффициенты использования сжатых элементов несколько выше, чем в ПК Лира 10.12. Проведенный ручной расчет на прочность и устойчивость имеет схожие значения коэффициентов использования с ПК Лира 10.12. Для растянутых элементов значения коэффициента использования имеют одинаковые значения.

Максимальное отклонение результатов ручного расчета и результатов расчета в ПК SOFiStiK составляет 24,72% (элементы 13 и 17).

Максимальное отклонение результатов ручного расчета и результатов расчета в ПК Лира 10.12 составляет 8,82% (элементы 5 и 26).

Максимальное отклонение результатов расчета в ПК SOFiStiK и результатов расчета в ПК Лира 10.12 составляет 18,31% (элементы 9 и 22).

ВЫВОДЫ

По результатам исследования, наиболее пригодной САПР для расчета по российским нормам показал себя ПК Лира 10.12. Результаты расчета наиболее близки к ручному расчету элементов, также немаловажно, что ПК Лира 10.12 является отечественной программой [11] и лучше адаптирована под нормы Российской Федерации, не исключено, что именно из-за этого результаты прочностного расчета в двух ПК так сильно отличаются друг от друга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Связующий элемент: Какие самые технологичные мосты есть в России // Наука РФ: [сайт]. URL: <https://наука.рф/journal/svyazuuyushchiy-element-kakie-samyte-tehnologichnye-mosty-est-v-rossii/> (дата обращения: 30.11.2023).
2. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ: принят Государственной Думой 23 декабря 2009 г.: одобрен Советом Федерации 25 декабря 2009 г. (ред. от 02.07.2013).
3. *Маринин А. Н.* Проблемы использования технологии ВМ в мостостроении / А. Н. Маринин // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2020. – № 8. – С. 711-718.
4. *Адылов А. М.* Обеспечение достоверности результатов компьютерного моделирования поведения мостовых конструкций / А. М. Адылов, И. И. Овчинников, И. Г. Овчинников, Б. Б. Мандрик-Котов – Текст: электронный // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2019 №3, <https://t-s.today/PDF/32SAT319.pdf> (дата обращения: 30.11.2023).
5. *Кисин Б. С.* Расчет железобетонных ребристых пролетных строений мостов / Б. С. Кисин, А. Н. Маринин // Красная линия: журнал современных строительных технологий. – 2010. – № 47. – С. 28-30.
6. *Кисин Б. С.* Новые подходы к расчету железобетонных ребристых пролетных строений мостов / Б. С. Кисин, А. Н. Маринин // Наука и образование: архитектура, градостроительство и строительство: материалы Международной конференции, посвященной 80-летию строительного образования и 40-летию архитектурного образования Волгоградской области, Волгоград, 06–10 сентября 2010 года. – Волгоград: Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, 2010. – С. 487-493.
7. *Диц Д. Ю.* Сравнение расчетных программ при анализе работы несущих конструкций пешеходного моста / Д. Ю. Диц, А. Д. Скоырская, А. Н. Маринин // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: Материалы X Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей, Волгоград, 24–29 апреля 2023 года / Под общей редакцией Н.Ю. Ермиловой, И.Е. Степановой. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2023. – С. 45-47.
8. ГОСТ 26020–83. Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Сортамент.
9. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* (с Изменениями N 1, 2, 3): СП 35.13330.2011: утв. Министерством регионального развития Рос. Федерации 28.12.2010: введ. в действие с 20.05.2011. – Москва: ЦНИИС, 210. – 346 с.
10. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*: СП 16.13330.2017: утв. Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Рос. Федерации 27.02.2017: введ. в действие с 28.08.2017. – Москва: Минстрой России, 2017. – 140 с.
11. Импортозамещение ПО для проектирования мостовых сооружений // Мостовые сооружения. XXI век – 2021 – №4 (51) – С.80-83.

СИСТЕМА НОРМАТИВОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В.Н. Кабанов

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
kabanovvn@yandex.ru*

Аннотация

При формировании экскаваторно-автомобильных комплексов, как правило, не предусматривается нормирование продолжительности загрузки автомобилей-самосвалов. С утверждением Правительством РФ Правил перевозок грузов автомобильным транспортом такая норма появилась. Практическое применение этой нормы вносит коррективы в проектные решения, принимаемые при разработке рабочей организационно-технологической документации. Цель работы состоит в нахождении области применения экскаваторов при устройстве котлованов с учетом норматива продолжительность погрузки. Для нахождения продолжительности загрузки автомобилей-самосвалов при выполнении земляных работ получена статистическая зависимость продолжительности технологического цикла экскаватора от объема ковша. Для определения области применения экскаваторов предложена математическая модель, представляющая собой неравенство, решение которого позволяет довольно точно определить области применения экскаваторов. Приведены области применения экскаваторов в зависимости от категории грунта по трудности разработки для объемов ковшей, предусмотренных действующими нормативами.

ВВЕДЕНИЕ

Классической транспортной задачей в строительстве принято считать определение количества автомобилей-самосвалов в составе экскаваторно-автомобильного комплекса при производстве земляных работ, например, при устройстве котлована. Аналогом этой задачи является определение числа автомобилей-самосвалов для работы в карьере. Решение этой задачи хорошо известно и состоит из определения продолжительности технологического цикла экскаватора, а затем вычисления количества таких циклов, которые необходимы для полной загрузки автомобиля-самосвала. При этом количество циклов экскаватора, необходимых для загрузки автомобиля-самосвала не нормировалось. Однако, появление «Правил перевозок грузов автомобильным транспортом» (утв. Постановлением Правительства РФ № 2200 от 21.12.2020, далее «Правила утв. ПП РФ № 2200 от 21.12.2020») требует обеспечивать продолжительность загрузки автомобилей-самосвалов, приведенную в прил. 7 Правил утв. ПП РФ № 2200 от 21.12.2020.

Следует заметить, что совершенствование инструментов, применяемых для формирования экскаваторно-автомобильных комплексов, не прекращается. Например, для формирования экскаваторно-автомобильных комплексов предлагается использовать имитационное моделирование [1] и линейное программирование [2], а также предпринимаются попытки найти зависимость между емкостью ковша экскаватора и грузоподъемностью автомобиля-самосвала [3]. Исследование области эффективного применения экскаваторно-автомобильных комплексов предполагает изучение экономических эффектов процессов изготовления готовой строительной продукции [4] или снижения энергопотребления [5].

Со стороны оценки эффективности эксплуатации автомобилей-самосвалов рассматриваются возможности создания цифровых моделей движения по заданной траектории [6], оцениваются возможности по энергосбережению [7], а также увеличения долговечности эксплуатации узлов и деталей [8]. Влияние продолжительности загрузки

автомобилей-самосвалов на их эффективность следует относить к пробелам в исследованиях.

С точки зрения автора в России существует система нормативов, которая позволяет с высокой достоверностью вычислять продолжительность производства отдельных видов строительно-монтажных работ [9], к числу которых относится разработка грунта экскаватором. Эта система нормативов состоит из сборников ГЭСН, которые устанавливают время, необходимое для выполнения единичного объема работ. Включение в систему нормативов Правил утв. ПП РФ № 2200 от 21.12.2020 оказывает прямого влияния на продолжительность производства работ, однако, вне всякого сомнения, способно обеспечить экономию денежных средств.

Для определения продолжительности загрузки автомобиля-самосвала экскаватором, необходимо определить продолжительность технологического цикла землеройной машины. Автор довольно давно исследует этот показатель при выполнении земляных работ и на этом основании предлагает применять последовательность, которая описана в ранее опубликованных работах [10, 11]. Определению продолжительности загрузки автомобиля-самосвала и сравнению этой величины с нормативным значением посвящена настоящая работа.

Цель работы состоит в нахождении области применения экскаваторов при устройстве котлованов с учетом норматива продолжительность погрузки (прил. 7 Правил утв. ПП РФ № 2200 от 21.12.2020). Для достижения цели в работе решены следующие задачи:

- найдена статистическая зависимость продолжительность технологического цикла (t) экскаватора от объема ковша (v);
- получено математическое выражение для описания условия выбора экскаватора по критерию продолжительности загрузки автомобиля-самосвала;
- определена область применения экскаваторов в зависимости от емкости ковша и грузоподъемности автомобилей-самосвалов.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве исходных данных для выполнения исследований применялись нормативные количественные значения, описывающие производительность экскаваторов и размещенные в таблицах 01-01-018 – 01-01-022 в соответствии с требованиями п. 1.1.4 ГЭСН 81-02-01-2022. Для определения статистической зависимости продолжительности технологического цикла экскаватора от объема ковша применялись стандартные статистические процедуры к числу которых относится метод наименьших квадратов. Достоверность построения уравнения парной регрессии определялась по величине коэффициента детерминации (R^2). Проверка корректности массивов исходных значений в соответствии с требованиями ГОСТ 5735 предполагала вычисление критериев Кохрена и Граббса.

Для математического описания величины нормативного значения продолжительности загрузки автомобиля-самосвала применялись методы формальной логики применительно к последовательности, приведенной в прил. 7 Положения утв. ПП РФ №2200 от 31.12.2020.

При вычислении продолжительности загрузки автомобиля-самосвала автор исходил из наиболее полного использования грузоподъемности. Для определения продолжительности загрузки автомобиля-самосвала необходимо знать характеристику плотности грунта. Плотность грунта принималась по табл. в прил. 1.1 ГЭСН 81-02-01-2022 в зависимости от категории по трудности разработки.

Область применения экскаваторов в системе действующих нормативов определялась по критерию продолжительности загрузки автомобиля-самосвала. При этом расчетное значение продолжительности загрузки не должно превышать величину норматива, рассчитанного по правилам, приведенным в прил. 7 к Правилам утв. ПП РФ 2200 от 21.12.2020.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Статистическая зависимость продолжительности технологического цикла от объема ковша экскаватора определялась для каждой категории грунта по трудности разработки. Количественные значения показаны в табл. 1. В столбце 1 приводятся значения аргумента, которые являются неизменными для всего статистического анализа. Значения функции (столбцы 2 – 7 табл. 1) характеризуют изменение продолжительности технологического цикла в зависимости от категории грунта по трудности разработки. Графическое изображение результатов статистического анализа показано на рис. 1.

Табл. 1. Нормативная продолжительность технологического цикла экскаватора в зависимости от емкости ковша и категории грунта по трудности разработки (ед. изм. минуты)

Емкость ковша (v), m^3	Категория грунта					
	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7
0,25	0,68	0,89	1,17	0,00	0,00	0,00
0,4	0,84	1,09	1,61	0,00	0,00	0,00
0,5	0,86	1,04	1,32	1,71	2,25	2,67
0,65	0,94	1,13	1,37	1,74	2,55	2,65
1	1,14	1,32	1,68	2,22	2,70	3,30
1,2	1,15	1,37	1,80	2,38	3,02	3,67

Зависимость изменения продолжительности технологического цикла при изменении емкости ковша экскаватора можно описать математическими выражениями, которые обеспечивают достаточную достоверность результата (величина коэффициента детерминации, R^2):

- при работе в грунтах 1 категории сложности $t = 1,1051v^{0,3443}$ ($R^2 = 0,98$);
- при работе в грунтах 2 категории сложности $t = 1,13012v^{0,2667}$ ($R^2 = 0,94$);
- при работе в грунтах 3 категории сложности $t = 0,5401v + 1,1305$ ($R^2 = 0,67$);
- при работе в грунтах 4 категории сложности $t = 2,1908v^{0,4103}$ ($R^2 = 0,94$);
- при работе в грунтах 1 категории сложности $t = 2,8065v^{0,2965}$ ($R^2 = 0,93$);
- при работе в грунтах 1 категории сложности $t = 3,3329v^{0,3867}$ ($R^2 = 0,91$);

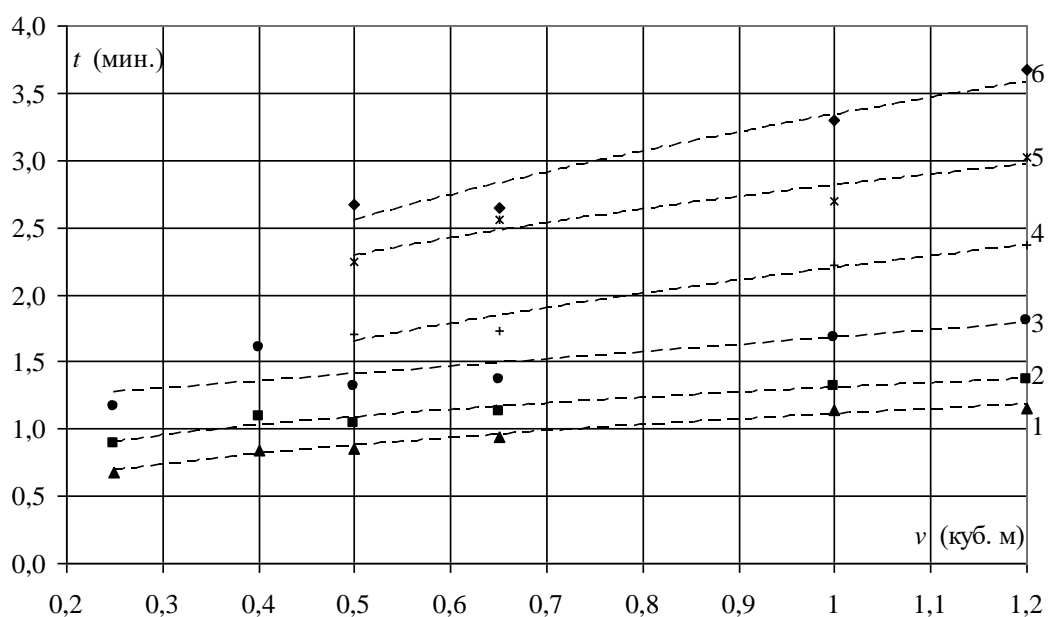


Рис. 1. Графическое изображение зависимости продолжительности технологического цикла (t) от объема ковша (v) для различных категорий грунта (показано цифрами 1 – 6)

Для выполнения требований, установленных Правилами утв. ПП РФ №2200 от 21.12.2020, необходимо обеспечить такую скорость погрузки, которая превышает установленную (нормативную):

$$\frac{v\rho}{t} \geq \frac{q}{q+2} \quad (1),$$

где $\frac{v\rho}{t}$ – расчетное значение скорости погрузки грунта, объемным весом « ρ » в автомобиль-самосвал экскаватором с емкостью ковша « v » и нормативной продолжительностью технологического цикла « t »;

- $\frac{q}{q+2}$ – нормативная скорость погрузки автомобиля-самосвала грузоподъемностью « q », установленная в прил. 7 к Правилам утв. ПП РФ № 2200 от 21.12.2020).

Ограничением для выбора автомобиля-самосвала служит продолжительность загрузки кузова, которая установлена ПП РФ № 2200. Если расчетное значение загрузки автомобиля-самосвала, грузоподъемностью q больше величины, установленной Правилами утв. ПП РФ № 2200 от 21.12.2020, тогда применение такого транспортного средства нецелесообразно.

Определение области применения экскаваторов по критерию эффективности применения грузового транспорта значительно упрощается, если в уравнение 1 вместо t подставить его, полученное из уравнения регрессии $t = f(v)$. Область рационального применения экскаваторов целесообразно привязывать к емкости ковша (v).

Принимая во внимание разброс плотности грунтов отнесенных к одной и той же категории по трудности разработки (прил. 1 1 ГЭСН 81-02-01-2022) определение области применения выполнялось для легких (до 1500 кг/м³) и тяжелых (свыше 1500 кг/м³) грунтов. Такое разделение является довольно условной и приводится автором в целях сокращения объема описания результатов.

Использование неравенства 1 для определения области применения экскаваторов по критерию продолжительности загрузки автомобилей-самосвалов позволил получить следующие выводы:

- для экскаваторов емкостью ковша $v = 0,25 \text{ м}^3$ возможно применение на тяжелых грунтах 2 и 3 группы по трудности разработки при применении малотоннажных автомобилей-самосвалов грузоподъемностью 3- 4 тонны, на легких грунтах и грунтах 1 группы применение нецелесообразно;

- для экскаваторов емкостью ковша $v = 0,4 \text{ м}^3$ возможно применение на тяжелых грунтах 1-3 группы по трудности разработки при применении автомобилей-самосвалов грузоподъемностью до 14 тонн, на легких грунтах 1-3 группы применение нецелесообразно;

- для экскаваторов емкостью ковша $v = 0,5 \text{ м}^3$ возможно применение на тяжелых грунтах 1-6 группы по трудности разработки, грузоподъемность автомобилей-самосвалов на грунтах 5-6 группы должна уменьшаться до 5 тонн, на легких грунтах 1-5 группы применение нецелесообразно;

- для экскаваторов емкостью ковша $v = 0,65 \text{ м}^3$ возможно применение на тяжелых грунтах 1-6 группы по трудности разработки без ограничений грузоподъемности автомобилей-самосвалов, на легких грунтах 1-2 группы применение нецелесообразно, а на грунтах 3-6 группы целесообразно применять малотоннажные автомобили-самосвалы, грузоподъемностью до 5 тонн;

- для экскаваторов емкостью ковша $v = 1,0 \text{ м}^3$ возможно применение на тяжелых грунтах 1-6 группы по трудности разработки без ограничений грузоподъемности автомобилей-самосвалов, на легких грунтах 1-6 группы целесообразно применять малотоннажные автомобили-самосвалы, грузоподъемностью до 5 тонн;

- для экскаваторов емкостью ковша $v = 1,2 \text{ м}^3$ возможно применение на тяжелых грунтах 1-6 группы по трудности разработки без ограничений грузоподъемности

автомобилей-самосвалов, на легких грунтах 1-6 группы возможно применять среднетоннажные автомобили-самосвалы, грузоподъемностью до 15 тонн.

ВЫВОДЫ

В результате выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Получена математическая модель (неравенство 1), описывающая применение требований, установленных Положением, утв. ПП РФ № 2200 от 21.12.2020.

2. Для всех условий работы экскаваторов, описанных в табл. ГЭСН 01-01-018 – 01-01-022 обоснованы требования к автомобилям-самосвалам, привлекаемым для вывоза грунта при устройстве котлованов. Эти требования обеспечивают выполнение продолжительности загрузки автомобилей-самосвалов, которые установлены Правилами, утв. ПП РФ № 2200 от 21.12.2020г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А.Н. Кузнецова А.С. Организационно-технологическая надежность работы экскаваторных комплексов // Механизация строительства. 2010. № 12. С. 24-27.
2. Вуейкова О.Н. Использование методов линейного программирования при планировании автомобильно-экскаваторного комплекса // Информационно-коммуникационные технологии в педагогическом образовании. 2019. № 4. С. 25-27.
3. Хорешок А.А., Дубинкин Д.М., Марков С.О., Тюленев М.А. Об изменении эффективности производительности экскаваторов при использовании карьерных самосвалов с различной емкостью кузова // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2021. № 6. С. 85-93. DOI: 10.26730/1999-4125-2021-6-85-93.
4. Кузнецова К.С. Рациональные области использования экскаваторных комплексов.// Механизация строительства. 2011. № 1. С. 22-24.
5. Козярук А.С., Таранов С.И., Самолазов А.В. Направления повышения эффективности эксплуатации экскаваторно-автомобильных комплексов // Горное оборудование и электромеханика. 2014. № 1. С. 6-11.
6. Дубинкин Д.М. Основы цифрового создания автономных карьерных автомобилей-самосвалов // Горное оборудование и электромеханика. 2022. № 2. С. 39-50. DOI: 10.26730/1816-4528-2022-2-39-50.
7. Черняк Р.Е., Дунь С., Павленко А.В. Повышение эксплуатационных характеристик автомобилей-самосвалов КРАЗ // Автомобильная промышленность. 2017. № 6. С. 6-13.
8. Фасхиев Х.А., Павленко П.Д. Типовая модель нагружения строительных самосвалов // Автомобильная промышленность. 2012. № 11. С. 13-16.
9. Кабанов В.Н. Документальное обеспечение строительства. М. Проспект. 2021. 144с.
10. Кабанов В.Н., Алхамад А. Цифровая модель технологии расчистки полностью разрушенного здания // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2023. № 9. С. 88-100. DOI: 10.32683/0536-1052-2023-777-9-88-100.
11. Kabanov V.N. Calculation of the amount of work on a typical technological parking area lot of an excavator for building an information model // Russian journal of building construction and architecture. 2022. № 2. С. 40-49. DOI: 10.36622/VSTU.2022.54.2.004.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ АНАЛИЗЕ ИЗОПОЛЕЙ АРМИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Ж.В. Касымов

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
kasymovjean@yandex.ru*

В статье исследуется возможность применения методов машинного обучения при расчете железобетонных конструкций. В процессе расчета железобетонных конструкций активно применяются расчетные программные комплексы (далее ПК), реализующие метод конечных элементов. Результатом работы таких ПК являются изополя напряжений, возникающих в конструкции здания. По изополям напряжений, с учетом задания диаметра арматуры, программа генерирует изополя армирования, отображающие требуемую суммарную площадь поперечного армирования на 1 погонный метр конструкции. На сегодняшний день переход от изополей армирования к фактическому расположению арматуры в конструкции является нетривиальной задачей, которую необходимо выполнять вручную. Связано это с различными конструктивными особенностями, требованиями и ошибками, возникающими в результате расчета. Анализ изополей армирования при помощи сверточных нейронных сетей дает возможность исключить ручной счет, человеческий фактор, а также автоматизировать данный процесс.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день отсутствует численный метод для анализа изополей армирования. При расчете железобетонных конструкций анализ изополей выполняется вручную, полагаясь на заданные требования и личный опыт, в данном подходе отсутствует систематизация и унификация. Решение данной проблемы позволит создать численный метод для наук, связанных с расчетом строительных конструкций, а также позволяющий автоматизировать процесс расчета требуемого армирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являются проектируемые железобетонные конструкции. Для получения результатов расчета выполняется процесс создания трехмерной модели конструкции, нагружения ее требуемыми нагрузками, заданием необходимых строительных материалов. Трехмерная модель строится и в дальнейшем разбивается на конечные элементы в ПК «ЛИРА-САПР». В результате расчетов получаем изополя армирования. Пример изополя армирования изображен на рисунке 1.

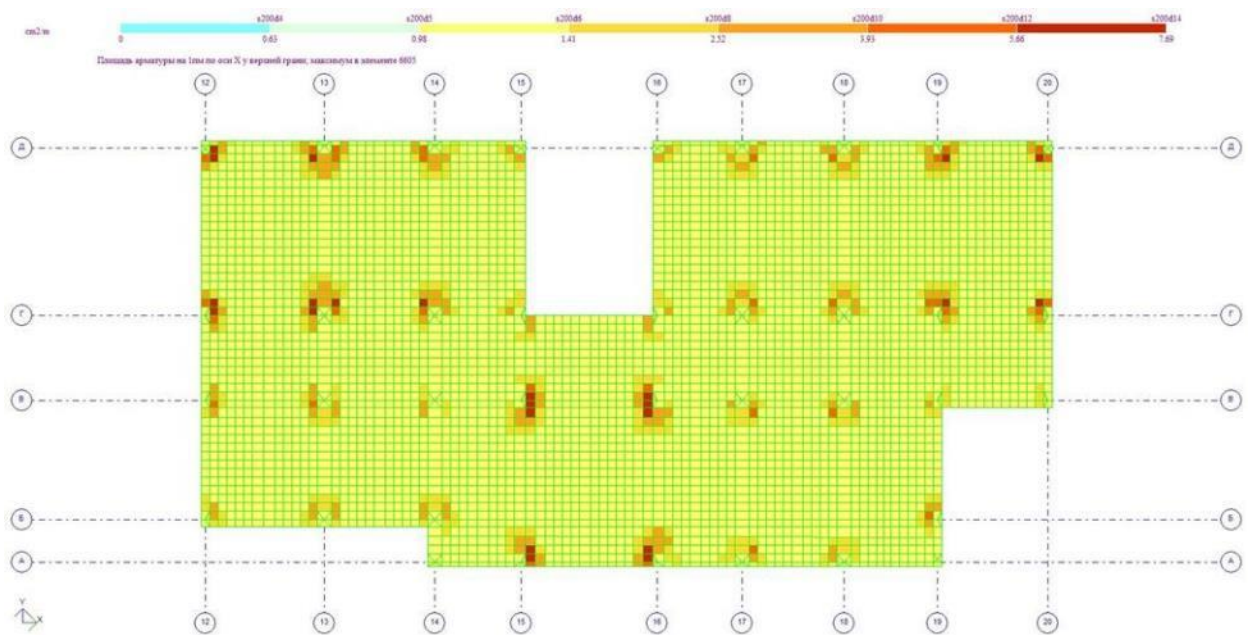


Рис. 1- Изополе армирования железобетонной плиты перекрытия

Результатом ручного анализа изополей армирования является задание на армирование. В дальнейшем осуществляется трехмерное моделирование армирования здания. На рисунке 2 изображена полученная трехмерная модель строительных конструкций и их армирования.

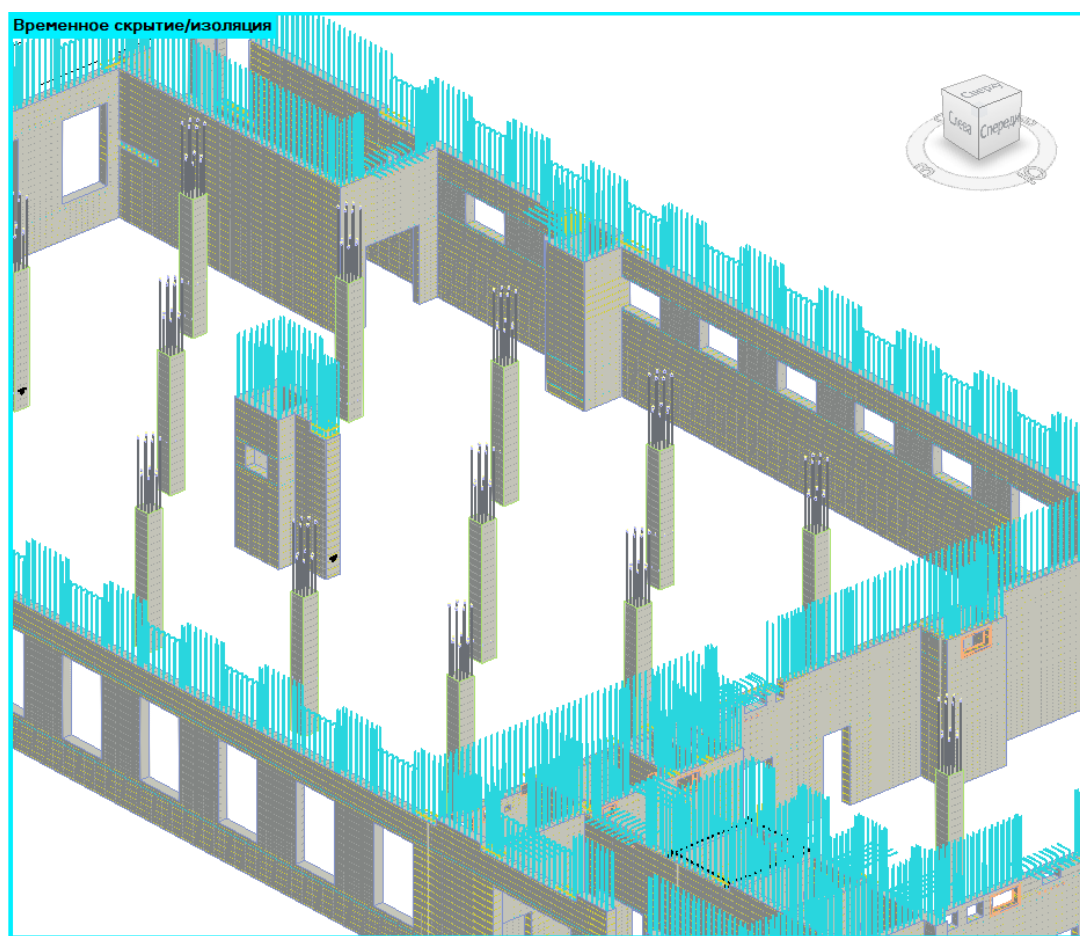


Рис. 2- Трехмерное моделирование армирования строительных конструкций
Трехмерная модель здания также используется в качестве исходных данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Благодаря доступу к трехмерной модели через программный интерфейс (Application Programming Interface), появляется возможность через написание плагинов получить доступ к трехмерной модели, как к базе данных. В результате, используя документацию программного интерфейса, был написан плагин на языке программирования C#, позволяющий получить необходимые геометрические характеристики армирования в виде массива данных. Часть плагина продемонстрирована на рисунке 3.

```
/// <summary>
/// Returns the Rebars from currently selected elements
/// </summary>
/// <returns>List of currently selected elements</returns>
1 reference
public List<Rebar> RebarsFromCurSelected()
{
    return new FilteredElementCollector(_doc, _sel.GetElementIds())
        .WhereElementIsNotElementType()
        .OfCategory(BuiltInCategory.OST_Rebar)
        .OfClass(typeof(Rebar))
        .Cast<Rebar>()
        .ToList();
}

1 reference
public static List<Curve> GetRebarCurves(Rebar rebar, bool suppressBendRadius = false)
{
    List<Curve> curves = new List<Curve>();
    int n = rebar.NumberOfBarPositions;
    List<Curve> centerlineCurves = rebar.GetCenterlineCurves(adjustForSelfIntersection: false,
        suppressHooks: false, suppressBendRadius, MultiplanarOption.IncludeOnlyPlanarCurves, 0).ToList();
    if (rebar.IsRebarShapeDriven())
    {
        var accessor = rebar.GetShapeDrivenAccessor();
        var trf = accessor.GetBarPositionTransform(0);
        foreach (var curve in centerlineCurves) curves.Add(curve.CreateTransformed(trf));
    }
    else
    {
        foreach(var curve in centerlineCurves)
        {
            curves.Add(curve);
        }
    }
    return curves;
}
```

Рис. 3- Методы получения данных армирования, написанные на C#

По полученным исходным данным появляется возможность установить взаимосвязь между изополями армирования и массивами данных о расположении арматуры в пространстве. Сделать это возможно благодаря созданию математической модели нейронной сети с применением свертки изображений. Перед обучением нейронной сети изображение изополя армирования было представлено в виде трехмерного массива, измерения которого представляют из себя высоту, ширину изображения и значение цвета в пискеле. После выполнения свертки получены карты активации в вид 2 мерного массива, каждое из значений которого является результатом суммы поэлементных произведений с ядром свертки, представляющим из себя пятимерный массив коэффициентов. Коэффициенты ядра изначально задаются любым числом и задача нейронной сети сводится к их итерационному изменению до получения правильного результата.

ВЫВОДЫ

Таким образом, сверточные нейронные сети могут быть успешно применены при автоматизации определения параметров армирования по изополям армирования. Математическая модель нейронной сети и весовые коэффициенты наиболее точно смогут определять требуемые параметры при большей обучающей выборке.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Акишов Э.А.* Использование вычислительного проектирования и искусственного интеллекта при моделировании архитектурных объектов // АМИТ. 2023. №2 (63). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-vychislitelnogo-proektirovaniya-i-iskusstvennogo-intellekta-pri-modelirovanii-arhitekturnyh-obektov> (дата обращения: 05.12.2023)
2. *Шатохина С.И., Калачук Т.Г.* Проектирование подпорных стен на основе нейронных сетей // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. 2013. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-podpornyh-sten-na-osnove-neyronnyh-setey> (дата обращения: 07.12.2023)
3. *Колчин В.Н.* СПЕЦИФИКА ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ «ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА» // Инновации и инвестиции. 2022. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/spetsifika-primeneniya-tehnologii-iskusstvennogo-intellekta-v-stroitelstve> (дата обращения: 07.12.2023).
4. *Игнатова Е.В. Игнатов В.П.* Анализ направлений исследований, основанных на концепции информационного моделирования строительных объектов // Вестник МГСУ. 2011. №1-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-napravleniy-issledovaniy-osnovannyh-na-kontseptsii-informatsionnogo-modelirovaniya-stroitelnyh-obektov-1> (дата обращения: 10.12.2023)
5. *Лосев К. Ю.* Подход к информационной поддержке среды общих проектных данных в жизненном цикле объекта капитального строительства // Вестник евразийской науки. 2018. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podhod-k-informatsionnoy-podderzhke-sredy-obshchih-proektnyh-dannyh-v-zhiznennom-tsikle-obekta-kapitalnogo-stroitelstva> (дата обращения: 10.12.2023)
6. *Рыбин Е.Н. Амбарян С.К., Аносов В.В., Гальцев Д.В., Фахратов М.А.* BIM-технологии // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. №1 (28). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bim-tehnologii> (дата обращения: 10.12.2023)
7. *Андрющенко Н.А.* Автоматизация и оптимизация работы в комплексе "Autodesk Revit" // Инновационная наука. 2019. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-i-optimizatsiya-raboty-v-komplekse-autodesk-revit> (дата обращения: 10.12.2023).

МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВРЕЖДЕННЫХ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ BIM И DYNAMO

А. Мааруф¹, П.П. Олейник²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*alimaaruf450@gmail.com*

²*cniontp@mail.ru*

Аннотация

Процесс оценки технического состояния поврежденных зданий в проектах восстановления является важным этапом, характеризующимся большим объемом работ, соизмеримым со степенью повреждения территорий. Основная проблема этого процесса заключается в том, как документировать данные, которые будут получены для последующего использования на этапе проектирования. Традиционный способ, используемый при документировании результатов оценки технического состояния, увеличивает ручные усилия, необходимые для обработки этих данных и передачи их в программное обеспечение для проектирования. Более того, использование системы автоматизированного проектирования САПР на этапе разработки проектных решений приводит к снижению качества результатов этого этапа. В этой статье представлено решение этих проблем с помощью применения информационного моделирования зданий и визуального программирования Дупато, что снизит ручные усилия, необходимые для документирования результатов процесса оценки, а также повысит эффективность использования этих данных и облегчит обмен ими между сторонами, участвующими в проекте.

ВВЕДЕНИЕ

При взрывах вблизи зданий наблюдаются необратимые повреждения, такие как: трещины различного типа, отслоение бетона, дырки (отверстия), разрыв линейной несущей конструкции, шелушение ребер конструкций, деформации, выпучивание арматуры, разрыв стержней и хомутов, дробление в бетоне и т.д [1, 2]. Эти повреждения критического характера могут привести к снижению уровня безопасности при эксплуатации этих зданий или к их обрушению. В связи с этим возникает необходимость оценить их техническое состояние [3].

Оценка технического состояния здания – это установление степени повреждения и категории технического состояния строительных конструкций на основе сопоставления фактических значений количественно оцениваемых признаков со значениями этих же признаков, установленных проектом или нормативным документом [4, 5].

Традиционная методика оценки технического состояния поврежденных зданий состоит из следующих процессов [6]:

- изучение генпланов и аэрофотоснимков поврежденной территории, на которых будут зашифрованы все поврежденные здания;
- проведение внешнего и внутреннего визуального осмотра, после которого поврежденные здания классифицируются на три группы: здания 1-й группы, которые безопасны для дальнейшей эксплуатации, здания 2-й группы, которые опасны без детальных обследований и здания 3-й группы, которые за пределами возможности восстановления;
- заключение о визуальном осмотре, в котором указываются, какие здания непригодны для восстановления, какие безопасны для дальнейшей эксплуатации, а также здания, которые нуждаются в детальных обследованиях, чтобы установить целесообразность их восстановления;
- проверка соответствия зданий 1-й группы действующим нормам и сводам правил;
- проверка влияния вибраций на конструктивную систему зданий 1-й группы;

- проверка соответствия зданий 2-й группы действующим нормам и сводам правил;
- оценка технического состояния надземной части зданий 2-й группы;
- оценка технического состояния подземной части зданий 2-й группы.

На рис. 1 показана блок-схема традиционной методики оценки технического состояния поврежденных зданий.

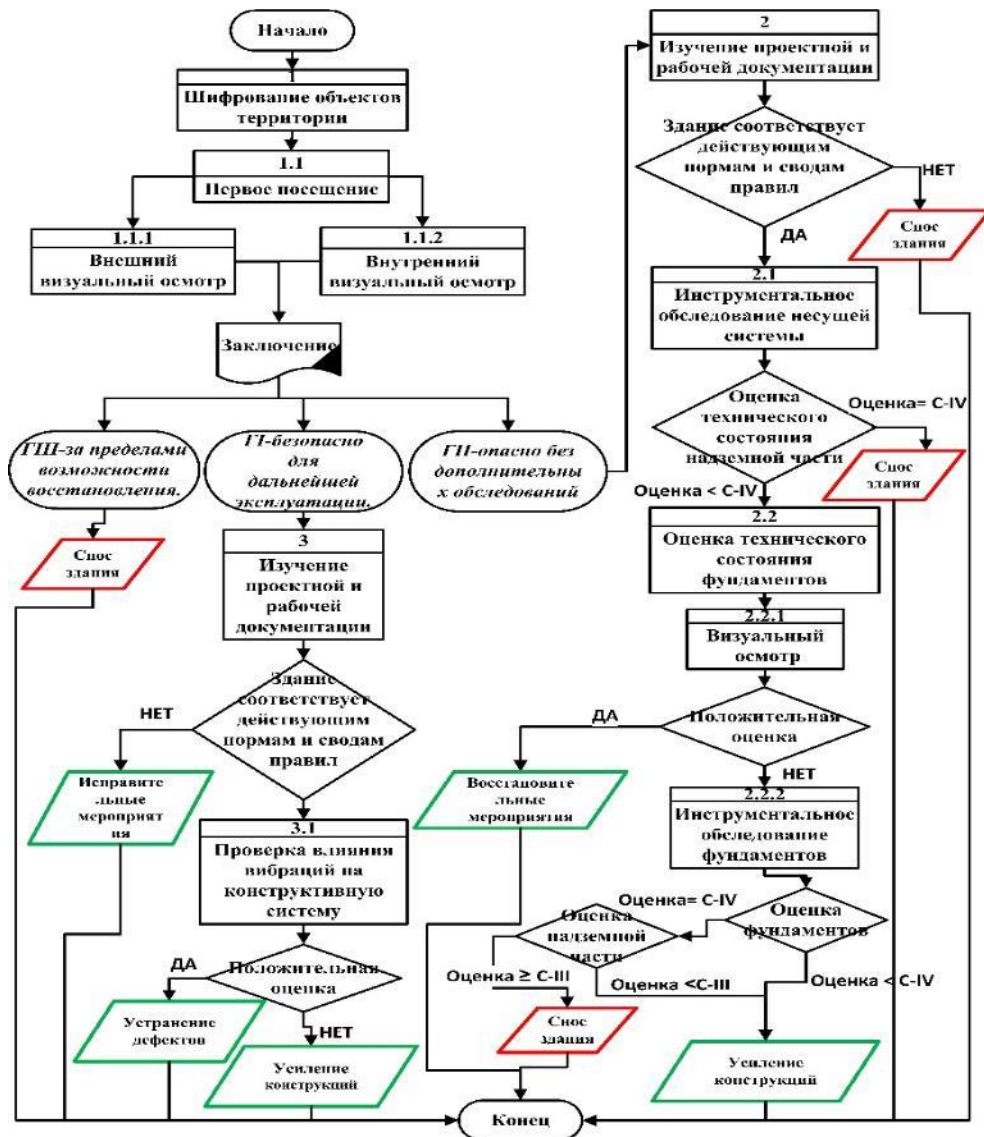


Рис. 1. Блок-схема традиционной методики оценки технического состояния поврежденных зданий

Применение данной методики с использованием традиционных подходов, таких как САПР, при документировании технического состояния поврежденных зданий в крупномасштабных проектах, например, проектах постконфликтного восстановления, приведет к трудностям при работе с большим объемом данных. Кроме того, увеличивается ручные усилия на этапе проектирования, снижается качество проектных решений, а также увеличивается количество ошибок и возникает возможность потери данных. Это, в свою очередь, диктует необходимость поиска новых подходов, таких как информационное моделирование зданий, которые помогут избежать вышеупомянутых проблем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

BIM - это инновационный подход и процесс для виртуального проектирования строительных проектов и управления ими [7], и преимущества его использования в строительной отрасли перед САПР заключаются в следующем [8]:

- возможность визуализации проектов;
- хранение всех проектных данных в единой модели;
- быстрый доступ к данным;
- уменьшение количества ошибок и просчетов;
- управление режимами работ в реальном времени и контроль показателей проектов;
- автоматическое создание отчетов и чертежей;
- автоматизированный расчет строительных процессов и распределение времени на выполнение этапов проекта;
- снижение уровня затрат;
- эффективное распределение ресурсов, инструментов и людей, что приводит к сокращению сроков строительства.

Существует множество программных обеспечений BIM, которые предоставляют интегрированные модели для проектирования зданий и управления ими. Среди них Revit, Tekla, Bentley. Каждое имеет свои собственные функции, и каждое из них используется для управления различными видами деятельности в строительной отрасли [9]. Однако наиболее распространенным программным обеспечением является Revit, которое будет использоваться в данном исследовании.

Revit обладает множеством преимуществ, но что больше всего отличает его от остальных, так это возможность расширить его функции с помощью визуального программирования (Dynamo).

Dynamo - это визуальная среда программирования, которая расширяет параметрические функции Revit, используя среду данных и логику графического редактора алгоритмов. Она является открытым кодом для разработчиков с целью вовлечения всего сообщества пользователей в создание полезных инструментов [10].

Преимущества Dynamo заключаются, в предоставлении пользователю возможности:

- соединения рабочих процессов с различными программными обеспечениями;
- автоматизации процессов.

Как уже упоминалось выше, традиционная методика процесса оценки технического состояния с использованием традиционных подходов имеет множество проблем, которые необходимо устранить путем модернизации этого процесса с помощью BIM и Dynamo таким образом, чтобы достичь наилучших результатов.

Модернизация этого процесса состоит из следующих этапов:

1. создание базы данных поврежденных зданий (модели Revit);
2. дополнение моделей проектными решениями для дальнейшего использования.

На рис. 2 и рис. 3 представлены блок-схемы инновационной методики оценки технического состояния.

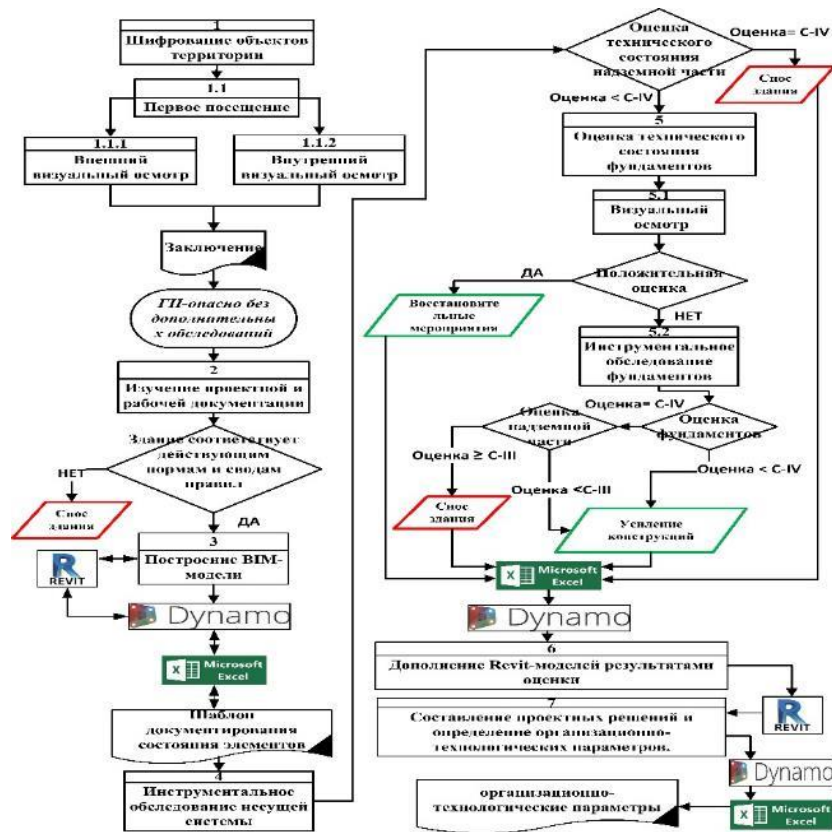


Рис. 2. Часть блок-схемы инновационной методики оценки технического состояния зданий 2-й группы

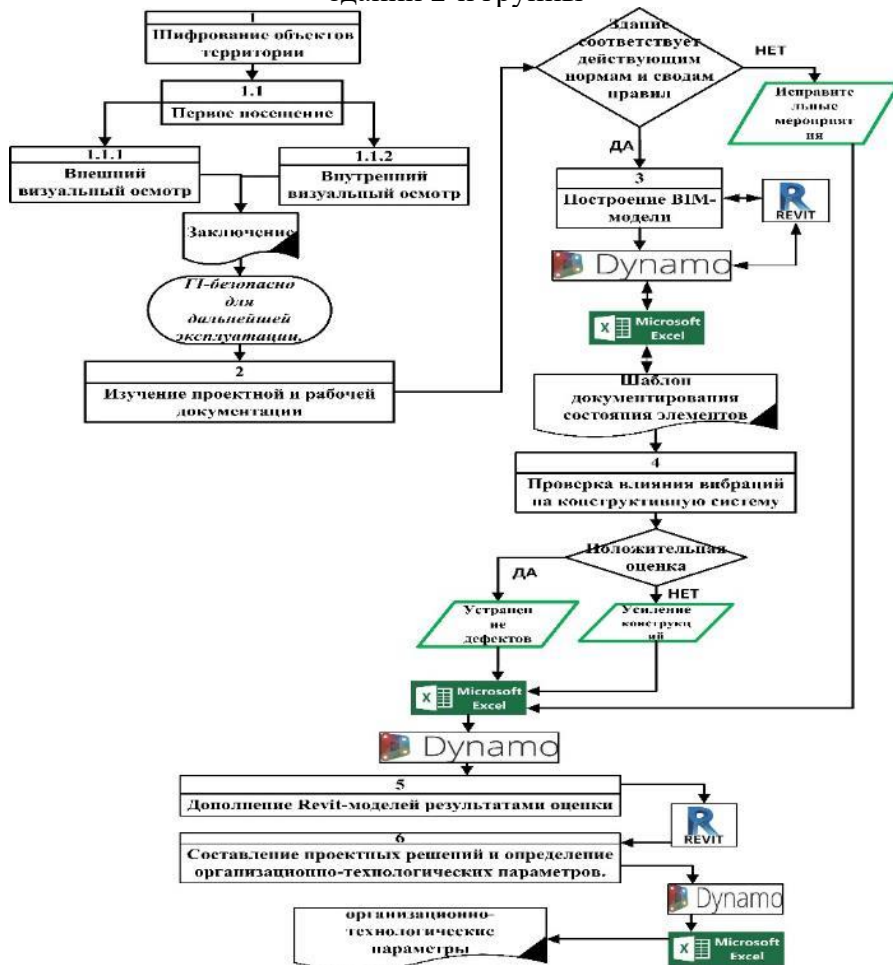


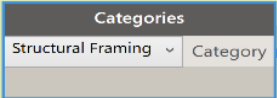
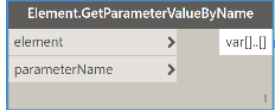
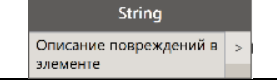
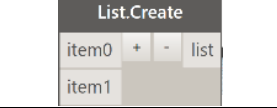

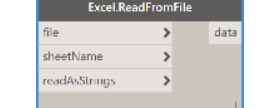
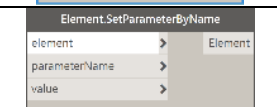
Рис. 3. Часть блок-схемы инновационной методики оценки технического состояния зданий 1-й группы

На первом этапе и после проведения визуального осмотра зданий создаются Revit-модели на основе проектной и рабочей документации, затем с использованием этих моделей и Dynamo экспортируются шаблоны в формате Excel, позволяющие фиксировать техническое состояние всех поврежденных элементов при проведении детального обследования. Эти шаблоны содержат набор полей, необходимых для описания технического состояния элементов, таких как идентификатор элемента, описание повреждения в элементе, коэффициент значимости элемента, показатель категории повреждения, оценка технического состояния элемента, единица измерения, объем работы, идентификатор элемента в Revit, номер этажа.

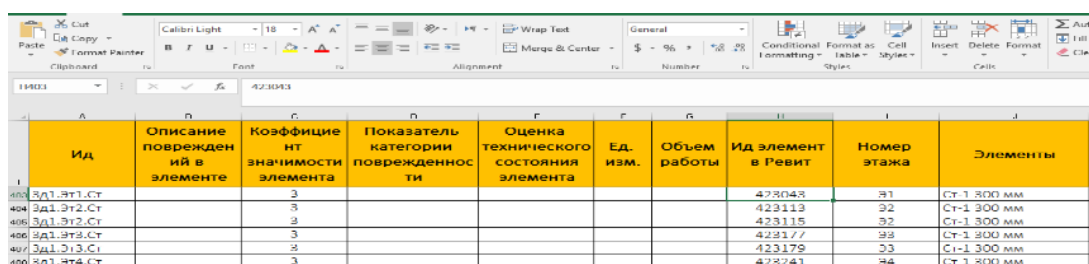
Целью этого шаблона является упрощение процесса занесения данных во время оценки, с возможностью загрузки результатов в модели без каких-либо усилий, используя двустороннюю связь между шаблоном и моделями, предоставляемую Dynamo.

Шаблон обмена данными создается в Dynamo с помощью набора узлов, основные из которых проиллюстрированы в табл. 1.

Табл. 2. Основные узлы в Dynamo для создания шаблона обмена данными

№	Описание узла	Узел
1	категории элементов (колонны, балки, стены, плиты перекрытия и т.д).	
2	получение значения параметра по его названию	
3	название желаемого параметра	
4	группировка желаемых параметров в табличном формате	
5	записывание данных в таблицу Excel	
6	перенос данных из Excel в Revit	
7	загрузка данных в элементы в Revit	

На рис. 4 представлена часть шаблона в Excel, используемого для документирования технического состояния поврежденных элементов.



ИД	Описание поврежденный в элементе	Коэффициент значимости элемента	Показатель категории повреждения	Оценка технического состояния элемента	Ед. изм.	Объем работы	Ид элемент в Revit	Номер этажа	Элементы
423042	ЭД1_ЭТ1.СТ	3					423042	31	СТ-1 800 MM
423113	ЭД1_ЭТ2.СТ	3					423113	32	СТ-1 300 MM
423115	ЭД1_ЭТ2.СТ	3					423115	32	СТ-1 300 MM
423177	ЭД1_ЭТ3.СТ	3					423177	33	СТ-1 300 MM
423179	ЭД1_ЭТ3.СТ	3					423179	33	СТ-1 300 MM
423241	ЭД1_ЭТ4.СТ	3					423241	34	СТ-1 800 MM

Рис. 4. Часть шаблона для документирования состояния элементов на этапе детального обследования

Кроме того, на рис. 5 показана часть программного кода в Дунато, используемого для экспорта данных основных параметров из Revit.

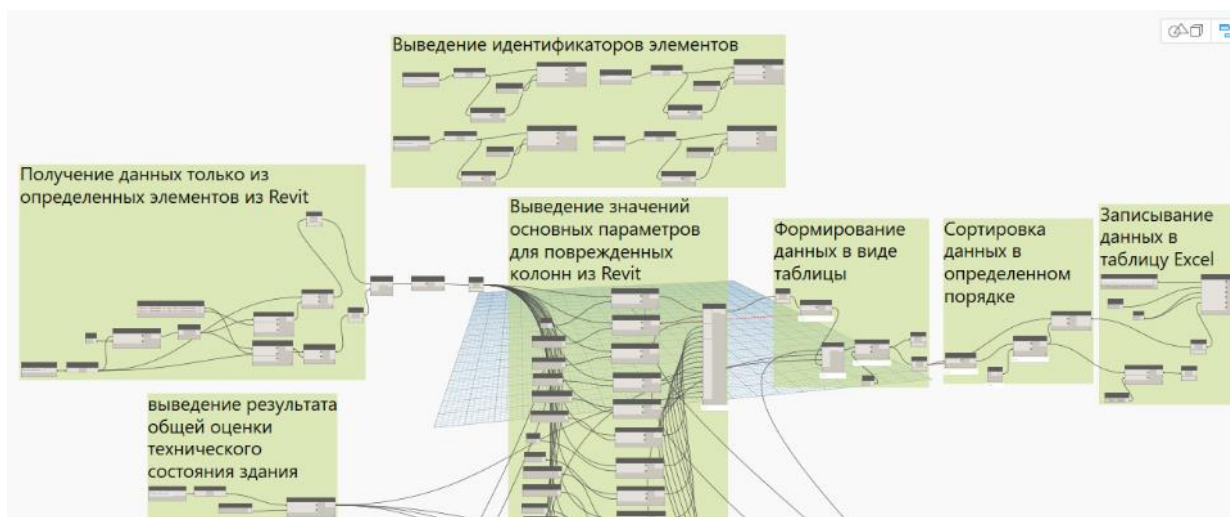


Рис. 5. Часть программного кода для экспорта данных основных параметров из Revit

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

После завершения процесса оценки технического состояния элементов и заполнения таблицы результатами, таблица импортируется в Revit с использованием шаблона загрузки данных через Дунато. На рис. 6 показана часть шаблона загрузки результатов оценки технического состояния элементов в Revit через Дунато.

Ид	Описание повреждений в элементе	Коэффициент значимости элемента	Показатель категории поврежденности	Оценка технического состояния элемента	Ед. изм.	Объем работ	Ид элемент в Revit	Номер этажа	Элементы
3d1.Эт1.	Снижение прочности бетона ≤ 30%	8	0.25	2			422835	31	Колонна 300x600 мм под восстановление
3d1.Эт1.	Снижение прочности бетона ≤ 30%	8	0.25	2			422841	31	Колонна 300x600 мм под восстановление
3d1.Эт1.	Снижение прочности бетона ≤ 30%	8	0.25	2			422847	31	Колонна 300x600 мм под восстановление

Рис 6. Часть шаблона загрузки результатов оценки технического состояния элементов в Revit через Дунато

На рис. 7 также показан результат занесения данных оценки обследуемых элементов в Revit.

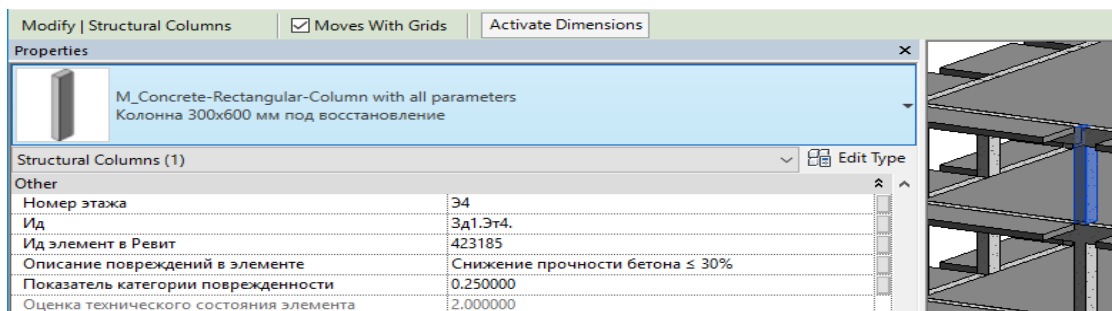


Рис 7. характеристики поврежденной колонны в Revit

По результатам оценки технического состояния здания и в случае подтверждения возможности его восстановления модели дополняются проектными решениями, затем были определены и введены в модель значения следующих параметров: трудоемкость восстановления элемента, стоимость за единицу измерения, описание восстановительных работ, единица измерения, объем работы. На рис. 8 показаны основные параметры проектного решения для поврежденной колонны.

Описание восстановительных работ элемента	Усиление колонн стальными обоймами
Ед. изм.	т
Объем работы	0.230000
Трудоемкость восстановления элемента	42.820000
Трудозатраты восстановления элемента	9.848600
Стоимость ед. изм.	30000.000000
Стоимость восстановления элемента	6900.000000

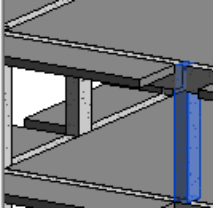
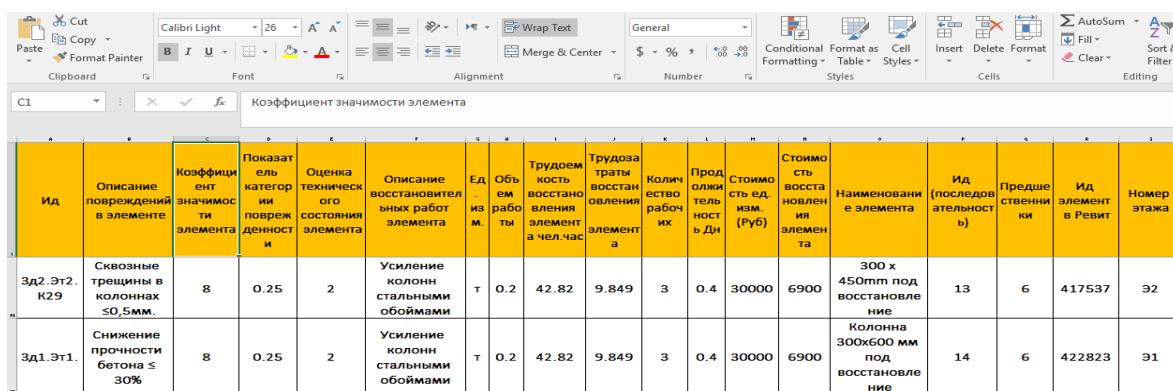


Рис 8. Основные параметры проектного решения в Revit для элемента

Эти основные параметры проектного решения экспортируются из Revit в Excel в определенном порядке с помощью Dynamo, что, в свою очередь, позволяет в дальнейшем формировать организационно-технологические модели восстановления поврежденных зданий. На рис. 9 показана часть результата экспорта организационно-технологических параметров из Revit через Dynamo.



Ид	Описание повреждений в элементе	Коэффициент значимости элемента	Показатель категории повреждения	Оценка технического состояния элемента	Описание восстановительных работ элемента	Ед. изм.	Объем работы	Трудоемкость восстановления элемента	Трудозатраты восстановления элемента	Количество рабочих	Продолжительность в Дн	Стоимость ед. изм. (Руб)	Стоимость восстановления элемента	Наименование элемента	Ид (последовательность)	Предыдущий	Ид элемент в Revit	Номер этажа
Зд2.Эт2.К29	Сквозные трещины в колоннах ≤0,5мм.	8	0.25	2	Усиление колонн стальными обоймами	т	0.2	42.82	9.849	3	0.4	30000	6900	300 x 450mm под восстановление	13	6	417537	Э2
Зд1.Эт1.	Снижение прочности бетона ≤ 30%	8	0.25	2	Усиление колонн стальными обоймами	т	0.2	42.82	9.849	3	0.4	30000	6900	Колонна 300x600 мм под восстановление	14	6	422823	Э1

Рис 9. Часть результата экспорта организационно-технологических параметров из Revit через Dynamo

ВЫВОДЫ

Применение BIM и Dynamo в методике оценки технического состояния поврежденных зданий позволило избежать проблем, упомянутых в статье, а преимущества, достигнутые от их использования, можно резюмировать в следующих пунктах:

- сокращение ручных усилий, необходимых для документирования процесса оценки технического состояния;
- сохранение данных для всех этапов проекта восстановления в единой модели, что, в свою очередь, уменьшит ошибки, которые могут возникнуть в случае децентрализованного хранения;
- улучшение процесса обмена данными между участниками проекта;
- быстрый доступ ко всем проектным данным и возможность их использования при разработке организационно-технологических решений;
- возможность использования этих моделей для формирования 4D и 5D моделей, что позволяет более эффективное взаимодействие между участниками проекта и снижает риски, связанные с затратами и временем;
- снижение риска, вызванного упущением на этапе реализации мелких деталей проекта, благодаря визуальному представлению проекта и возможности сравнивать 4D-модель с реальностью.

Исходя из того, что уже было упомянуто в этой статье, мы рекомендуем изучить возможность использования таких моделей при автоматизации формирования календарных планов, с целью ускорения процесса их формирования и повышения возможности отслеживания их на этапе реализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Medic S., Curic J., Imamovic I., Ademovic N., Dolarevic S.* Illustrative examples of war destruction and atmospheric impact on reinforced concrete structures in Sarajevo // Damage assessment and reconstruction after war or natural disaster and previous military activities. Sarajevo. Bosnia and Herzegovina: Springer. 2008. С. 383—392.
2. *Fulaih Q.* Assessment and Repair of Damaged Concrete Structures due to War Case study (The Republic of Yemen) // International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). 2022. № 11. С. 49—62.
3. *Anagnostopoulou A., Moretti M. L.* Post-earthquake emergency assessment of building damage, safety and usability – Part 1: Technical issues // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2006. № 28. С. 223—232.
4. *Воробьев Д. С.* Техническая оценка зданий и сооружений: учебное пособие // М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. Волгоград : ВолгГАСУ. 2015. С. 53.
5. *Малахова А.Н., Малахов Д.Ю.* Оценка несущей способности строительных конструкций при обследовании технического состояния зданий // учебное пособие: М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. 2-е изд. Москва : НИУ МГСУ. 2016. С. 96.
6. *Олейник П. П., Мааруф А.* Методика оценки технического состояния монолитно-каркасных зданий поврежденных войной в Сирии // Строительное производство. 2023. № 1. С. 47—53.
7. *Azhar S.* Building Information Modelling (BIM): Trends, Benefits, Risks and Challenges for the AEC Industry // Leadership and Management in Engineering. 2011. № 11. С. 241—252.
8. *Sacks R., Koskela L., Dave B. A., Owen. R.* Interaction of lean and Building Information Modeling in construction // Journal of Construction Engineering and Management. 2010. № 9. С. 968—980.
9. *Erdogmus E., Shen Z., Schaap B.* Review of BIM in Small-Scale Sustainable Design by François Lévy // Journal of Architectural Engineering. 2013. № 19. С. 217-218.
10. *Rahmani A., Zarrinmehr M., Bergin S., Yan W.* BPOpt: A framework for BIM based performance optimization // Energy and Buildings. № 108. С. 401—412.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ НАГРЕВА НА ДИНАМИКУ РАЗРУШЕНИЯ ОБРАЗЦА

О.А. Васильева¹, А.А. Хохонов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹VasilievaOA@mgsu.ru

²blay26@rambler.ru

Аннотация

Рассматривается математическая модель динамики начальной стадии разрушения однородного образца под действием нагрева. Для математического описания процесса применяется недавно предложенная математическая модель неравновесных фазовых переходов, сформулированная в терминах теории спиnodального распада Кана-Хилларда. Математическая модель является одномерной в пространственных переменных. Данная модель представляет собой начальную краевую задачу для системы четырех нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных четвертого порядка. Модель формулируется для приведённых переменных. С помощью указанной математической модели исследовано влияние скорости нагрева левого конца образца на динамику начальной стадии разрушения образца. Система дифференциальных уравнений является нелинейной, поэтому для исследования начальной краевой задачи используются численные методы. В качестве одного из численных методов используется модифицированный метод конечных разностей второго порядка точности. Проведено описание и анализ примеров полученных численных результатов. Полученные результаты численного исследования математической модели начальной стадии разрушения образца демонстрируют нелокальный характер процесса.

Обсуждаются направления дальнейших исследований динамики начальной стадии разрушения образцов однородных образцов и конструкций.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время до сих пор полностью не изучен процесс горения и его математическое моделирование. В данной статье совершена попытка описать процесс разрушения под действием нагрева.

Для описания процесса горения используется математическая модель неравновесного фазового перехода, сформулированная в теории спиnodального распада Кана-Хилларда [1-2]. В работах [3-7] показана возможность использования системного подхода [8-11] для детального описания начальной стадии распада образца под действием нагрева. Математическая модель является одномерной в пространственных переменных и представляет собой начальную краевую задачу для системы четырех нелинейных дифференциальных уравнений четвертого порядка. Математическая модель сформулирована для заданных переменных. Построение и обоснование модели, а также ее сравнение с другими теоретическими результатами [13-18] описаны в работе [2]. Поскольку математическая модель является нелинейной, в качестве одного из численных методов используется модифицированный метод конечных разностей второго порядка точности. Проведено описание, обсуждение и анализ примеров полученных численных результатов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассматривается начальная стадия разрушения однородного образца под действием нагрева. Однородный образец единичной длины нагревается по левой границе. Под действием температуры образуются микротрещины, приводящие к разрушению образца. Для математического описания начальной стадии разрушения гомогенного образца под действием нагрева мы используем недавно предложенную математическую модель

неравновесного фазового перехода, сформулированную в терминах теории спиновального распада Кана-Хилларда [1-2]. Математическая модель представляет собой нелинейную начально-краевую задачу, сформулированную для безразмерных переменных [1-2].

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} T - \frac{1}{3l_0\alpha_l} l(T) \frac{\partial U}{\partial x} &= \varepsilon \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \\ \frac{d}{dt} U + \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} &= \varepsilon \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}, \\ \frac{d}{dt} S + \frac{1}{\rho} \nu T^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} e^{-kS} \frac{\partial U}{\partial x} &= \varepsilon \frac{\partial^2 S}{\partial x^2}, \\ \frac{d}{dt} \xi + \frac{1}{2\xi T \rho S} (\xi^2 (\frac{1}{3l_0\alpha_l} l(T) S \rho + \nu T^{\frac{2\gamma-1}{\gamma-1}} e^{-kS}) + P + S \rho \frac{1}{3l_0\alpha_l} l(T) - \nu T^{\frac{2\gamma-1}{\gamma-1}} e^{-kS}) \frac{\partial U}{\partial x} &= \\ &= \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial}{\partial x} (\frac{D}{T} \frac{\partial \mu}{\partial x}), \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} P &= (\xi^2 + 2) S T \rho + \frac{p_0}{\rho_0} \rho - (\frac{3S}{l_0\alpha_l} - \frac{1}{3} E_0 (\frac{2\beta}{\alpha_l E_0} - 1)) \frac{1}{l(T)^2} - \frac{\beta}{3l_0\alpha_l} \frac{1}{l(T)}, \\ \mu &= \varepsilon^2 (T S \partial_\xi (g_D(\xi)) - \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2}), \\ t &> 0, \quad 0 < x < 1, \end{aligned}$$

с начальными и граничными условиями

$$\begin{aligned} T(0, x) &= T_0, \quad U(0, x) = U_0, \quad S(0, x) = S_0, \quad \xi(0, x) = \xi_0, \\ T(t, 0) &= T_0 + V_T t, \quad T_x(t, 1) = 0, \\ U_x(t, 0) &= 0, \quad U_x(t, 1) = 0, \\ S_x(t, 0) &= 0, \quad S_x(t, 1) = 0, \\ \xi_x(t, 0) &= 0, \quad \xi_x(t, 1) = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь $T(t, x)$ - температура гомогенного образца в точке x в момент времени t , $U(t, x)$ - скорость, $S(t, x)$ - энтальпия, $\xi(t, x)$ - параметр разрушения гомогенного образца, V_T - скорость нагрева.

Рассматривается влияние скорости нагрева на динамику начальной стадии разрушения однородного образца. Для численного решения задачи (1)-(2) используем конечно-разностную схему второго порядка точности [19].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования влияния скорости нагрева на динамику начальной стадии разрушения однородного образца рассмотрена задача (1)-(2) для $l_0=1$, $p_0=1$, $\rho_0=1$, $\alpha_l=0.4$, $E_0=0.7$, $\varepsilon=0.01$, $T_0=2.5$, $U_0=0$, $S_0=2$, $\xi_0=0.45$, $\gamma=1.4$ и различной скорости нагрева V_T . На рисунках 1 – 3 приведены сечения четвертой компоненты решения задачи (1)-(2) (параметр разрушения) $\xi(t, x)$ для различных скоростей нагрева V_T : 1, 5, 15. Значения временных переменных: $t_1=0,002$ (рис. 1), $t_2=0,005$ (рис. 2), $t_3=0,0075$ (рис. 3).

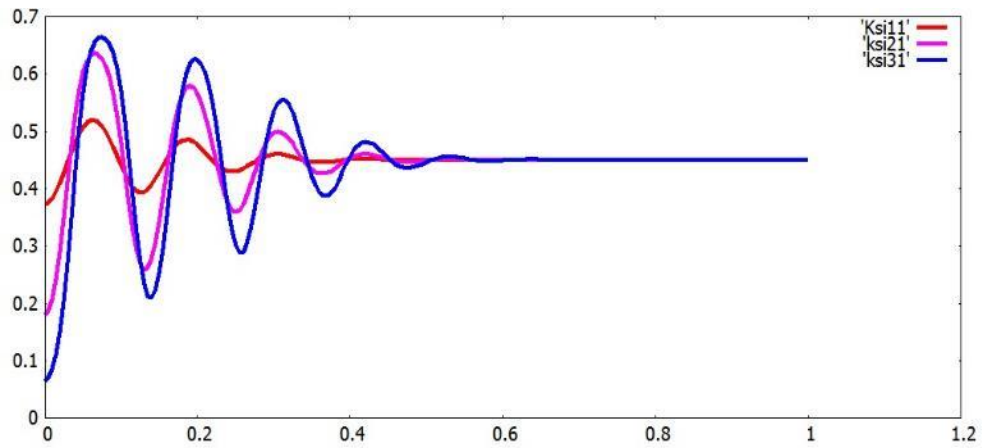


Рис. 1. Четвертая компонента решения задачи (1)-(2) (параметр разрушения) $\zeta(t_1, x)$ для различных скоростей нагрева V_T : 1, 5, 15

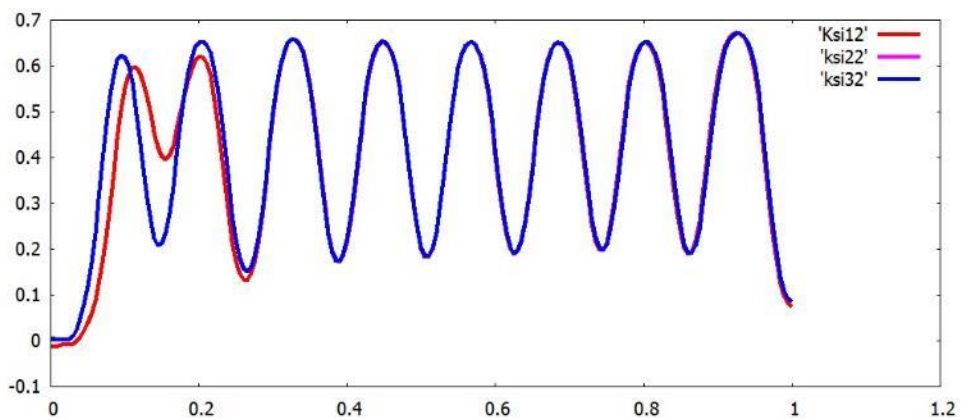


Рис. 2. Четвертая компонента решения задачи (1)-(2) (параметр разрушения) $\zeta(t_2, x)$ для различных скоростей нагрева V_T : 1, 5, 15

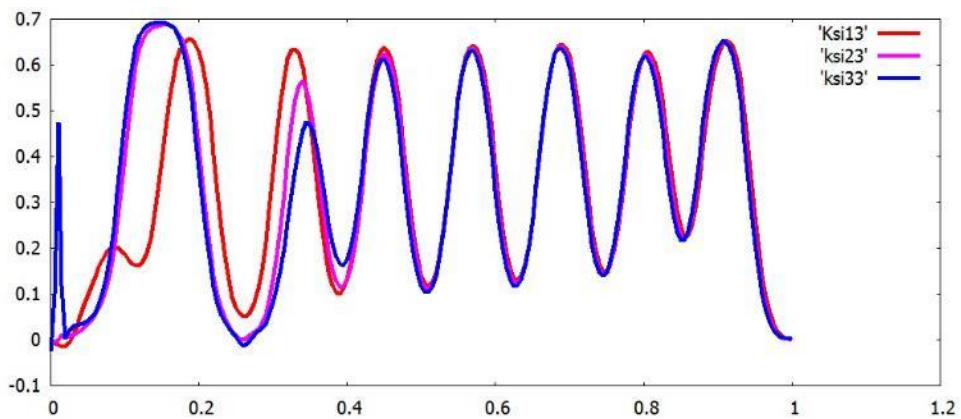


Рис. 3. Четвертая компонента решения задачи (1)-(2) (параметр разрушения) $\zeta(t_3, x)$ для различных скоростей нагрева V_T : 1, 5, 15

На рисунках видно, что локальное воздействие на образец приводит к изменению образца с нелокальным характером

ВЫВОДЫ

Полученные численные результаты позволяют сделать вывод, что локальное воздействие на образец (нагрев левого торца образца) приводит к изменению образца с нелокальным характером. На рис. 1 видно начало образования микротрещин. Увеличение скорости

нагрева K_T приводит к ускорению этого процесса. На рис. 2 видно образование микротрещин по всему образцу. На рис. 3 показано взаимодействие микротрещин и образование трещин.

Верификация параметров математической модели с учетом особенностей образца и сравнение с экспериментальными данными является предметом следующей статьи

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность профессору Е.В. Радкевичу за постановку задачи, полезные обсуждения и комментарии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукашев Е.А., Радкевич Е.В, Сидоров В.И, Васильева О.А. Доклады Российской академии наук. 2018. 480 с.
2. Радкевич Е.В, Лукашев Е.А, Яковлев Н.Н, Васильева О.А, Сидоров В.И. Введение в обобщенную теорию неравновесных фазовых переходов и термодинамический анализ континуальных задач. // Москва: Наука. 2019. 344 с.
3. Яковлев Н.Н, Лукашев Е.А, Радкевич Е.В, Доклады по физике 53. 2008. С. 443-446
4. Яковлев Н.Н, Лукашев Е.А, Радкевич Е.В, Доклады по физике 57. 2012. С. 297-300
5. Лукашев Е.А, Радкевич Е.В. Прикладная математика 1. 2010. С. 159-178
6. Радкевич Е.В, Лукашев Е.А, Яковлев Н.Н. Наноструктуры, математическая физика и моделирование 11. 2014. С. 5-36
7. Яковлев Н.Н, Лукашев Е.А, Радкевич Е.В., Васильева О.А. Наноструктуры, математическая физика и моделирование 14. 2016. С. 5-40
8. Лукашев Е.А, Яковлев Н.Н, Радкевич Е.В, Васильева О.А, О неустойчивости Рэля-Бенара как неравновесном фазовом переходе. 2017.
9. Cahn J.W., Hillard J.E. J. Chem. Phys. 28. 1958. С. 258-271
10. Cahn J.W., Hillard J.E. J. Chem. Phys. 30. 1958. С. 1121-1134
11. Cahn J.W. J. Chem. Phys. 42. 1965. С. 93-99
12. Cahn J.W. Trans. AIME. 242. 1968. С. 166-180
13. Иванова В.С, Синергетика. Прочность и разрушение металлических материалов. // Москва: Наука. 1992. 159с
14. Иванова В.С. Синергетика: Прочность и разрушение металлических материалов. 1998.
15. Морозов Н.Ф. Математическая теория трещин. // Москва: Наука. 1984. 256с.
16. Фомин В.В. Гидроэрозия металлов. // Москва: Машиностроение. 1966.
17. De Gennes P.G. J. Chem. Phys. 72. 1980. С. 4756-4763
18. De Gennes P.G. J. Chem. Phys. 74. 1981. С. 3086-3093
19. Радкевич Е.В, Лукашев Е.А, Васильева О.А. Евразийский журнал математических и компьютерных приложений 6. 2019. С. 46-70

ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКСПЕРТИЗЫ СМЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

В.В. Гаряева¹, С.В. Парфенов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹garyaevavv@mgsu.ru

²sergvirtyoz@yandex.ru

Аннотация

Статья посвящена изучению возможности применения искусственного интеллекта для экспертизы сметной документации. Исследование основано на представлении и оценке особенностей экспертизы сметной документации в строительной российской отрасли. Главной целью исследования является выявление процессов, в которых применение искусственного интеллекта будет наиболее перспективным.

В работе были изучены используемые на данный момент теоретические и практические подходы к осуществлению экспертизы сметной документации. Изучение и сопоставление различных методов экспертизы с позволило выявить области, в которых можно использовать автоматизацию, а также выявить преимущества и ограничения применения автоматизации в сравнении с текущими методами экспертизы сметной документации.

В ходе проведенного исследования было установлено, что использование искусственного интеллекта положительно влияет на процесс проверки смет. Тем не менее, автоматизацию процессов следует внедрять и использовать в соответствии с современными требованиями и осторожностью.

В данной работе были изучены современные темы в области экспертизы сметной документации. Основная задача исследования заключалась в выявлении аспектов процесса, внедрение искусственного интеллекта в которые, окажет положительное влияние на отрасль и помочь в решении текущих проблем и недочетов.

ВВЕДЕНИЕ

Экспертиза сметной документации – это процесс анализа и оценки смет, предназначенный для определения соответствия представленной информации реальным требованиям проекта. Целью экспертизы является проверка правильности расчетов, адекватности стоимостей, соответствия нормативам и надлежащего документирования всех необходимых аспектов проектной документации.

Экспертиза сметной документации в России регулируется следующими документами:

1. Федеральным законом "О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд".

2. Постановлением Правительства Российской Федерации "Об утверждении Положения о проведении экспертизы сметной документации и его стоимости".

3. Нормативными документами, устанавливающими требования к содержанию и оформлению сметной документации.

Эти документы определяют процедуру проведения экспертизы сметной документации, правила подготовки смет, а также устанавливают ответственность за нарушение требований при проведении такой экспертизы.

В процессе проведения экспертизы оценки специалисты анализируют документацию, связанную с возводимым проектом, оценивают объемы и характеристики работ, рыночную стоимость используемых материалов и оборудования, применяемые технологии и методы строительства.

Основными методами анализа для экспертизы сметной документации являются:

1. Анализ содержания. Метод включает в себя проверку правильности расчетов, соответствие указанных объемов работ и стоимости. Для этого используются методы детального сравнения, математический анализ, проверка на соответствие нормам и стандартам.

2. Экспертиза технического задания. Метод подразумевает проверку соответствия технического задания и содержанием сметы. В процессе анализа прослеживаются ошибки или пропуски, которые могут влиять на точность и корректность сметы.

3. Использование компьютерных систем. Метод характеризуется применением компьютерных систем, которые помогают автоматизировать процесс анализа. Эксперты могут использовать программное обеспечение для сравнения смет с нормативными базами данных, прослеживания расчетов и проверки на соответствие.

На данный момент идет бурное развитие технологий и цифровизации строительной отрасли. Поэтому наиболее перспективным является метод с использованием компьютерных систем. В настоящее время в строительном сегменте Российских программных комплексов можно выделить следующих:

SmetaWIZARD. Программное обеспечение, которое позволяет провести проверку объемов в смете по BIM-модели и определить элементы сметы или модели, которые не имеют связи с моделью или сметой.

5D смета. Программа 5D смета является программным обеспечением, которое помогает составлять сметы на основе метода 5D. Метод 5D представляет собой основанный на моделировании подход к составлению смет, который учитывает пять основных аспектов: 3D-модель объекта, график выполнения работ, стандарты и нормы, стоимость ресурсов и финансовые данные.

Применение современных методов и подходов к экспертизе сметной документации имеет некоторые преимущества. Во-первых, использование компьютерных систем позволяет существенно сократить время и ресурсы, затрачиваемые на проведение экспертизы. Во-вторых, это повышает точность и надежность результатов, исключая вероятность человеческой ошибки. Однако, есть некоторые ограничения, такие как сложность внедрения компьютерных систем и возможность ошибок в базах данных.

Исследование направлено на изучение методов автоматизации процесса проверки сметной документации.

Целью данного исследования является изучение процессов экспертизы сметной документации для выявления областей, которые возможно усовершенствовать с помощью применения ИИ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В экспертизе сметной документации можно выделить 3 ключевых параметра, которые необходимо проверить:

1. Соответствие объемов работ и материалов сметной документации и проекта строительного объекта
2. Корректность применения нормативов и стандартов при определении единичных расценок на СМР.
3. Соответствие расценок на материальные ресурсы в сметной документации к их рыночной стоимости.

Представленные на Российском рынке программные продукты позволяют выполнять анализ сметной документации на предмет ошибок в соответствии объемов и корректности единичных расценок с использованием автоматизации некоторых процессов. Однако проверка стоимости материалов остается трудоемкой частью процесса, т.к. предоставленная стоимость материалов в доступных интернет ресурсах, зачастую не соответствует действительности и отражает розничную стоимость, не делая поправку на скидку при оптовой закупке.

В современной сфере закупок материалов часто используются торговые интернет-площадки, содержащие обширные базы данных о материалах, поставщиках и ценах. Проблемы с распознаванием текстовой информации и сопоставлением номенклатурных названий материалов в рабочей документации со счетами поставщиков успешно решаются с помощью искусственного интеллекта. ИИ обучен на обширном объеме информации и способен распознавать и сопоставлять текстовые данные с высокой точностью.

Существует несколько подходов, которые могут быть применены для решения задачи экспертизы стоимости строительного проекта с использованием регрессионных моделей. Основными методами являются: линейная регрессия, регрессия дерева решений, регрессия случайного леса, регрессия вектора поддержки.

Необходимо собрать информацию о завершенных строительных проектах, включая их масштаб, используемые строительные материалы, их цену. Также важны данные о реальной дате завершения и общей стоимости проекта, а также информация обо всех переменных, которые могут повлиять на его бюджет.

Данный принцип можно успешно применить также в экспертизе сметной документации. Применение искусственного интеллекта для анализа стоимости на торговых интернет-площадках позволит определить фактическую среднюю стоимость материала и сопоставить ее с информацией из сметной документации.

Существует ряд плюсов в применении данного подхода в экспертизе сметной документации:

1. Использование искусственного интеллекта позволит автоматически анализировать большие объемы данных о стоимости материалов на торговых интернет-площадках, что значительно ускорит процесс и снизит вероятность человеческих ошибок.

2. Искусственный интеллект может обеспечить более точные и надежные данные о фактической средней стоимости материалов, основанные на большом количестве информации.

3. Использование искусственного интеллекта позволит производить сопоставление фактической средней стоимости материалов с информацией из сметной документации, что позволит выявить расхождения и предотвратить ошибки в расчетах.

Минусы применения искусственного интеллекта для анализа и сравнения стоимости материалов:

1. Внедрение системы искусственного интеллекта требует значительных затрат на разработку программного обеспечения и обучение персонала.

2. Эффективное функционирование системы искусственного интеллекта требует качественных и полных исходных данных, что может потребовать дополнительных усилий по сбору и очистке информации.

3. Возможность технических сбоев или неправильной интерпретации данных искусственным интеллектом может вызвать недоверие со стороны пользователей и повлечь за собой негативные последствия.

Тем не менее, при правильном внедрении и использовании искусственного интеллекта, преимущества его применения для анализа стоимости на торговых интернет-площадках могут значительно перевешивать недостатки.

РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Анализ существующих методов и технологий автоматизации экспертизы сметной документации.

2. Разработка и реализация модели автоматизированной системы экспертизы сметной документации с использованием технологий искусственного интеллекта.

3. Экспериментальное сравнение результатов автоматизированной экспертизы сметной документации с результатами, полученными вручную экспертами.

4. Оценка точности, эффективности и прочности предложенной методики автоматизации сметной экспертизы с использованием искусственного интеллекта.

ВЫВОДЫ

Вместо ручного ввода и расчёта данных, системы могут автоматически сопоставлять информацию из различных источников, вычислять суммарные стоимости и производить сравнение с предыдущими сметами. Таким образом, автоматизация элементов экспертизы сметной документации сокращает время и ресурсы, необходимые для проведения экспертизы, и уменьшает возможность ошибок.

В заключение, автоматизация элементов экспертизы сметной документации с использованием современных технологий предоставляет значительные преимущества в эффективности и надежности процесса. Методы, описанные в данной статье, могут быть использованы в реальных условиях строительных проектов, чтобы сократить время и ресурсы, потребляемые для оценки сметной документации, и обеспечить более точные результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 21.1101-96. Библиографическая запись. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления.
2. ГОСТ Р 7.0.5-2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления.
3. *Вогельсангер И.* Автоматизация научно-исследовательской работы: базы данных и информационные поисковые системы // Информационные технологии в науке и образовании. – 2014. – № 13. – С. 5-13.
4. *Гиллан Р.* Искусственный интеллект. – М.: Финансы и статистика, 2015.
5. *Иванов А. В.* Автоматизация деятельности государственного статистического управления Российской Федерации на основе искусственного интеллекта // Материалы конференции "Информационные технологии в экономике и управлении". – СПб., 2018. – С. 301-305.
6. *Киселев А. В.* Искусственный интеллект: основы и перспективы развития. – М.: Издательство Юрайт, 2019.
7. *Ломов Б. Ф.* Введение в искусственный интеллект. – М.: Радио и связь, 2016.
8. *Несвижский И. А.* Искусственный интеллект. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2019.
9. *Платонов Р.И.* Автоматизированный анализ данных в инженерных изысканиях // Всероссийская научно-техническая конференция "Инновационные информационные процессы в технике и технологиях". – М.: Издательство МЭИ, 2019. – С. 412-416.
10. *Поляков А. Е.* Искусственный интеллект. Как он работает и как он влияет на жизнь человека. – СПб.: Питер, 2018.
11. Рэс Дж. Искусственный интеллект: история и перспективы. – М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 2016.
12. *Сликер Т. Н.* Машинное обучение с использованием Python. – М.: ДМК Пресс, 2018.
13. *Уландер Т.* Глубокое обучение. Основы. – СПб.: Питер, 2017.
14. *Шее В., Ретсгебер А.* Статистическая самообучающаяся система. – М.: Финансы и статистика, 2016.
15. *Яхнин Б. Н.* Искусственный интеллект: история и перспективы. – М.: Издательство "Экон-Информ", 2018.

ПРИМЕНЕНИЕ ТИМ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

И.А. Лаврентьев¹, Г.Г. Ялунин², С.И. Экба³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ivan.lavrentev01@mail.ru

²g.ialunin@gmail.com

³ekba.s.ig@gmail.com

Аннотация

На современном этапе проектирования, использование технологий информационного моделирования является обязательной нормой. А использование ТИМ при реконструкции, обследовании и капитальных ремонтах только начинает внедряться в профессиональное сообщество. В данной статье рассматривается применение технологий информационного моделирования при реконструкции промышленных и гражданских зданий на этапе оценки технического состояния зданий и сооружений. Рассмотрены факторы и методы, влияющие на выбор применения различных информационных технологий, в зависимости от конструктивных особенностей зданий, их назначения и организационно-технологических решений. Приведены варианты использования ТИМ при обследовании различных зданий и сооружений, необходимых для определения технического состояния. Сделан вывод о необходимости использования технологий информационного моделирования при оценке технического состояния промышленных и гражданских зданий различного назначения.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие технологий информационного моделирования в Российской Федерации в последние годы происходит стремительными темпами. Каждый год появляются новые программы, технические комплексы и методы использования ТИМ на всех этапах жизненного цикла здания и сооружения.

Современные задачи, возникающие на этапе реконструкции промышленных и гражданских зданий и сооружений, требуют представления достаточно точных данных с высокой точностью и полнотой описывающих взаимное расположение частей различных элементов здания, его дефектов и иных повреждений.

Использование традиционных методов и инструментов позволяет решать рядовые задачи. Однако всё чаще возникают запросы, требующие более точного и детального моделирования объекта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На сегодняшний день, правительством Российской Федерации, взят курс на возрождение промышленного комплекса. Для этого необходимо проводить оценку технического состояния достаточно большого количества как существующих предприятий, так и заброшенных. Использование ТИМ технологий позволяет в разы сократить время для обследования и определения категории состояния таких зданий. Наиболее эффективным в данном случае является применение лазерного сканирования, которое является одним из технологий информационного моделирования. Благодаря своей универсальности и высокой степени автоматизации процессов измерений, лазерный сканер является инструментом оперативного решения самого широкого круга прикладных инженерных задач.

Основными особенностями данного метода являются:

- полная реализация принципа дистанционного зондирования, позволяющего собирать информацию об исследуемом объекте, находясь на расстоянии от него;
- максимальная полнота и подробность получаемой информации;

- высокая скорость получения информации, съёмка на одной точке занимает всего от 2-х до 10 минут;
- стоимость съёмки объектов не высока;
- трёхмерная визуализация результатов измерений;
- достоверность результатов, облако точек невозможно изменить, оно является реальной копией объекта.

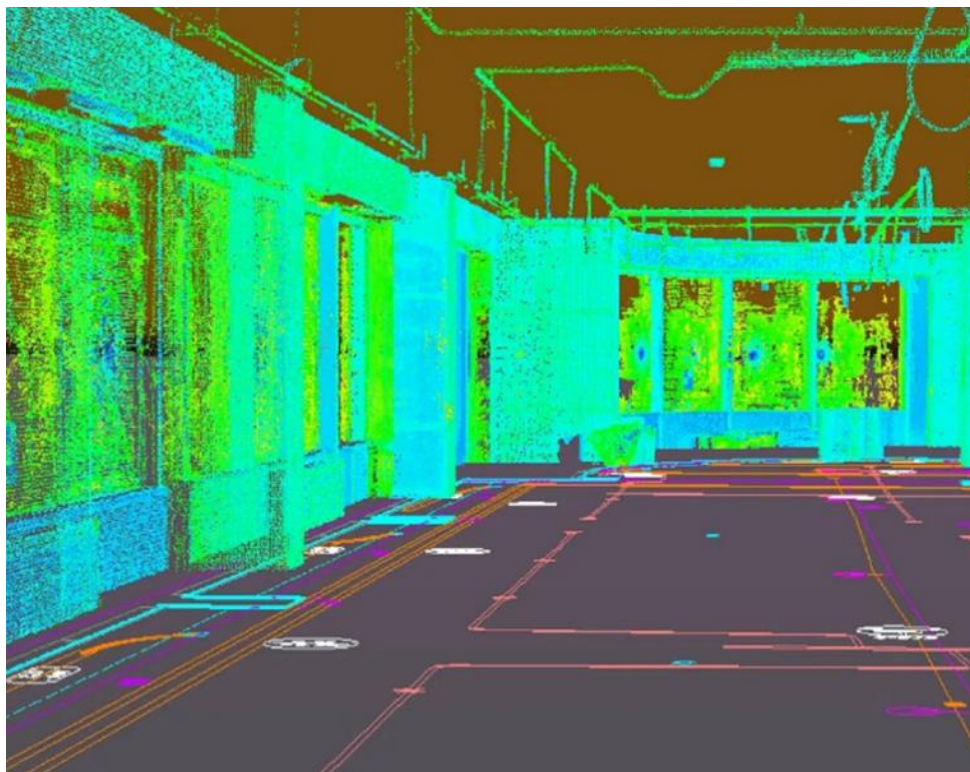


Рис. 1. Облако точек обведенные в информационную модель

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Скорость сбора информации об объекте, его габаритные размеры, высота этажа, размеры помещений и иные особенности в традиционных способах работы заключались в зарисовках на бумаге, требовалось замерять каждую комнату и конструкцию, постепенно перемещаясь и исследуя вдоль и поперек, как бы собирая пазл и вырисовывая здание, на что уходило много времени и человеческих ресурсов, ведь иногда сделать это в одиночку практически невозможно.

Использование ТИМ технологий позволяет сократить данный процесс. Для того что бы выполнить съёмку необходим один человек, который будет устанавливать и управлять сканером. Что бы получить достаточно точную и правильную картинку для различных объектов, на предварительном этапе обследования необходимо всего лишь рассчитать количество точек съёмки. После выполнения съёмки инженер выгрузит получившееся облако точек на компьютер и с помощью специализированных программ сможет без труда снять все необходимые размеры, а также при необходимости создать информационную модель здания, с помощью которой так же можно обозначить дефекты и их критичность.

Еще одним незаменимым аспектом является применение лазерного сканирования в помещениях с насыщенностью оборудования, которое позволяет использовать данный метод, не останавливая производственный процесс и не мешая рабочим выполнять свои обязанности, ведь прибор имеет достаточно компактные размеры.

Принцип дистанционного зондирования при использовании лазерного сканирования так же позволяет организовать процесс оценки технического состояния на производствах с агрессивной средой, чтобы минимизировать вредное воздействие на специалистов, проводивших обследования.

В комплексе с лазерным сканированием идет и специализированное программное обеспечение, и соответствующие продукты, для получения доступа к полному спектру решаемых задач.

Так же с помощью лазерного сканирования можно значительно ускорить и упростить процесс оценки технического состояния группы производственных зданий или производственного комплекса в целом, в таких случаях экспертная группа разделяется на несколько отдельных подгрупп, одна из которых занимается созданием информационной модели, с соблюдением всех норм и рекомендации, а вторая - на основании созданной 3Д модели, оценивает и дает экспертное заключение.

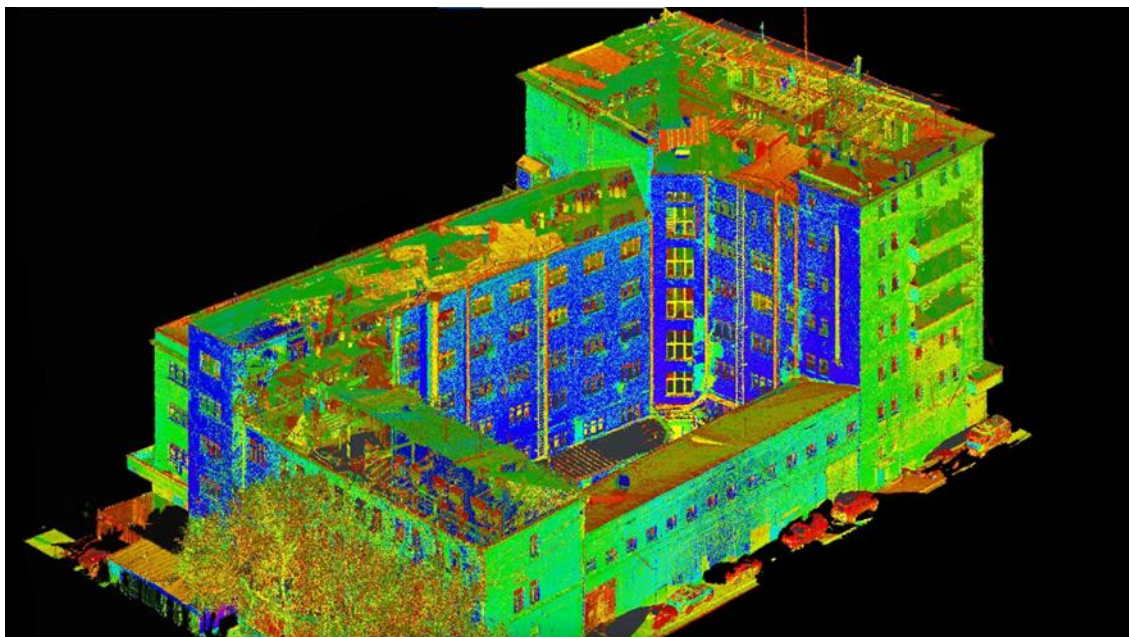


Рис. 2. 3Д модель здания

Данный способ так же применим в тех ситуациях, когда объекты исследования находятся на достаточном удалении от места базирования экспертов. Небольшая группа обследователей направляется на полевые работы и на основании их моделей делаются заключения, что экономит время эксперта, улучшает качество его работы и позволяет избежать случайных ошибок.

При исследовании отдельных малоэтажных домов и построек, чаще всего в технологии информационного моделирования применяют базы данных, которые содержат в себе различные виды и характеристики дефектов. К тому же их можно пополнять новой информацией и тем самым увеличивать производительность процесса обследования в будущем.

ВЫВОДЫ

На сегодняшний день, многие организации при проведении полевых работ пользуются базами данных на переносных устройствах, что позволяет практически моментально показать характеристики существующих дефектов, их расположение, критичность, достаточно только выбрать нужный параметр из предложенного списка, такие как: трещины, выбоины, выветривания раствора и тому подобное. Так же необходимо указать тип конструкции: балки, колонны, плиты или стены, материалы из которых они сделаны и указать их расположение на плане. Применение такого способа во много раз ускоряет процесс обследования и оценку технического состояния здания в целом.

Таким образом однозначно следует вывод о том, что при обследовании зданий и сооружений различного назначения и типа с использованием технологии информационного моделирования, процесс оценки технического состояния здания во много раз улучшается,

уменьшается шанс появления случайных ошибок, повышается производительность человеческого потенциала, там самым уменьшая стоимость затраченных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пример применения BIM технологий при обследовании зданий и сооружений Шеина С.Г., Виноградова Е.В., Денисенко Ю.С. Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону.
2. Техническая экспертиза зданий, сооружений и их конструкций: учебное пособие / М. Л. Бойкова. - Йошкар-Ола: Марийский гос. технический ун-т, 2007. - 63 с.
3. Оптимизация организационно-технических решений с применением BIM-технологий при реновации жилых зданий. Котов В.М., Эмба С.И. Журнал: строительное производство.
4. Талапов В.В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК-Пресс, 2015. 410 с.
5. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. М.: ДМК-Пресс, 2011. 392 с.
6. Гроздов В.Т. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений. СПб.: Издательский Дом КН+, 2000. 140 с.
7. Малюх В. Н. Введение в современные САПР. – М.: ДМК Пресс, 2010.
8. И.И.Ганчерёнок, Н.Н Горбачев, С. В.Спиридонов. Цифровая трансформация в строительстве: информационное моделирование, учебное пособие Минск – 2021 – Самарканд.
9. Курбатов В.Л., Римшин В.И., Шубин И.Л., Волкова С.В. Информационное моделирование и искусственный интеллект в современном строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве Москва 2023-420 с.
10. СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла.

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАПИТАЛЬНЫМ РЕМОНТОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МКД

Е. Билонда Трегубова¹, С.А. Кормухин², С.И. Экба³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹lena.tregubova.99@inbox.ru

²s.kormukhin@yandex.ru

³ekba.s.ig@gmail.com

Аннотация

С целью улучшения технического состояния многоквартирных домов, подлежащих капитальному ремонту, возникает необходимость в применении цифровой модели.

Однако, отсутствие технологий информационного моделирования при проведении капитального ремонта приводит к многочисленным ошибкам в процессе разработки проекта, организации и его проведения, что значительно влияет на качество конечного продукта.

В данной статье рассмотрена концепция применения цифровой модели в процессе проведения капитального ремонта многоквартирных домов. Выделены основные преимущества технологий информационного моделирования при проведении капитального ремонта. Изучены недостатки и практика применения технологий информационного моделирования в капитальном ремонте.

ВВЕДЕНИЕ

Проведение капитального ремонта многоквартирных домов (далее МКД), как и во всех этапах инвестиционно-строительного процесса, имеет различные стадии проекта [1-4]:

- разработка проекта;
- реализация проекта.

На рисунке 1 представлен область использования технологий информационного моделирования (далее ТИМ).

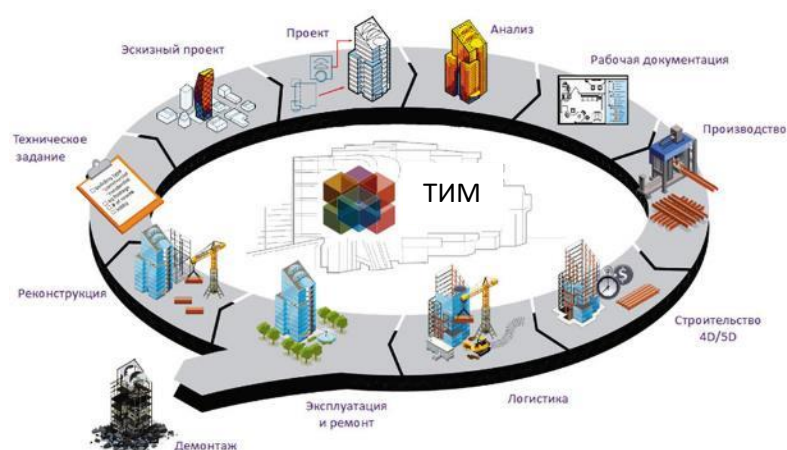


Рис. 1. Область использования ТИМ

Зачастую в процессе выполнения работ по капитальному ремонту возникают проблемы, связанные с отклонением от проектной документации, что приводит к срыву сроков выполнения работ, качества и стоимости [1-5].

Данная проблема привела к концепции информационного моделирования объектов. Технологии информационного моделирования – это технология, в котором создаётся база данных объекта.

Под цифровой моделью понимают процесс моделирования, отражающий результат процесса проектной и строительной деятельности. ТИМ модель помогает решать проблемы, возникшие в процессе проведения капитального ремонта МКД.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данной работе применяется метод сбора статистических данных.

Статистический сбор информации — это массовое (оно охватывает большое число случаев проявления исследуемого явления для получения правдивых статистических данных) планомерное (проводится по разработанному плану, включающему вопросы методологии, организации сбора и контроля достоверности информации), систематическое (проводится систематически, либо непрерывно, либо регулярно), научно организованное (для повышения достоверности данных, которая зависит от программы наблюдения, содержания анкет, качества подготовки инструкций) наблюдение за явлениями и процессами социально-экономической жизни, которое заключается в сборе и регистрации отдельных признаков у каждой единицы совокупности (см. рис. 2.) [5,6].

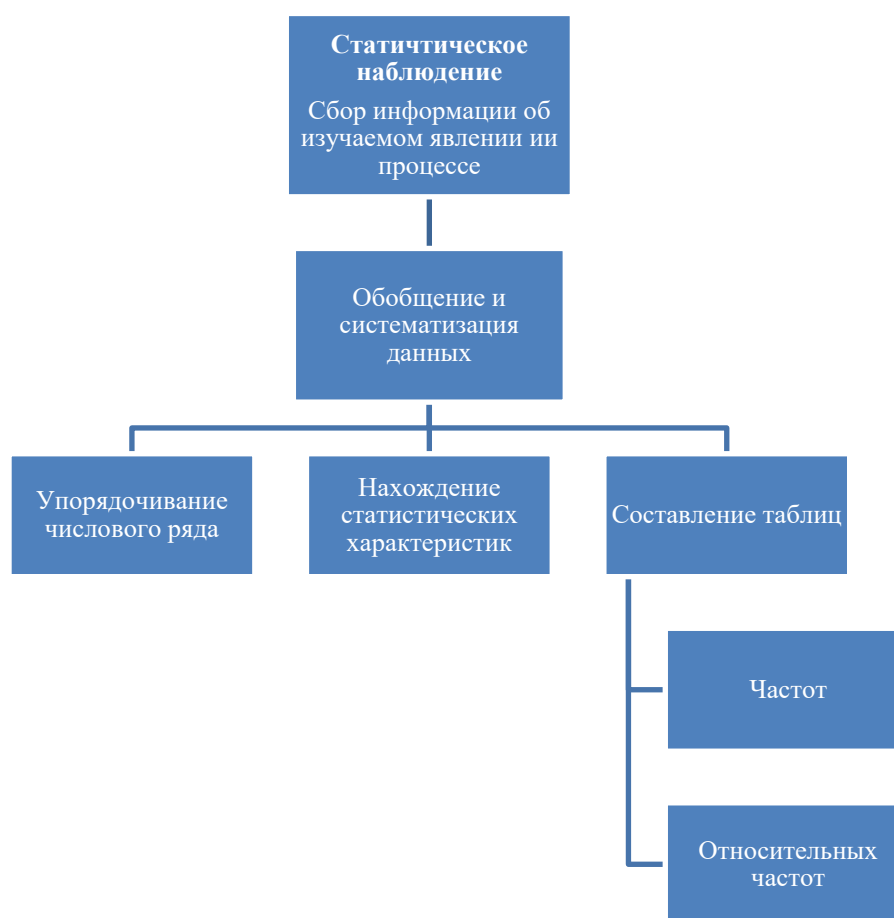


Рис. 2. Сбор и группировка статистических данных

Существует три способа получения статистической информации (см. рис. 3):

- Статистическое наблюдение;
- Документальное наблюдение;
- Опрос.



Рис. 3. Статистическое наблюдение

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Отметим следующие преимущества информационного моделирования строительных объектов [7; 8].

- Улучшение координации участников процесса проведения капитального ремонта;
- Более точный расчет сметной стоимости объекта капитального ремонта за счет правильного расчета объемов работ;
- Трехмерная ТИМ-модель позволяет наглядно представить сооружение со всеми дефектами;
- Визуализация объекта капитального ремонта на стадии проектирования.

А также отметим следующие проблемы информационного моделирования объектов капитального ремонта, возникающие на практике [7; 8].

- Получение информации с целью построения ТИМ модели является наземное лазерное сканирование, которое в свою очередь стоит не мало финансовых средств;
- Нехватка высококвалифицированных кадров;
- Траты на переобучение сотрудников;
- Дороговизна специального программного обеспечения, в котором можно быстро создать качественные цифровые модели.

ВЫВОДЫ

В результате данной исследовательской работы можно сделать следующий вывод:

Применение технологий информационного моделирования при выполнении работ по капитальному ремонту МКД позволяет качественно и в срок выполнить работы, однако появляются дополнительные расходы, а именно:

- Расходы на переобучение сотрудников;
- Расходы на покупку специального программного обеспечения;
- Расходы на заказ лазерного сканирования на этапе обследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ланидус, А. А. Экба, С. И. Кормухин, С. А. Билонда, Е. Т.* Классификация и определение типов многоквартирных домов, подлежащих капитальному ремонту // *Строительное производство.* – 2022. – № 4. – С. 58-64.
2. *Ekba, S. I., Tregubova, E. B., Kormuhin, S. A.* Methodology for grouping types of multi-apartment residential houses subject to overhaul // *AIP Conference Proceedings / Proceedings Of The International Conference On Engineering Research And Application (ICERA 2022)* – 2023. – №10.
3. *Fatullaev, R. S.* Organizational and Technological Methods for Unscheduled Repair Works // *Components of Scientific and Technological Progress / Materials of the IX International Scientific Practical Conferene «The Role of Science in the Development of Society (Advanced Technology, Life Sciences)».* – 2017. – № 3 (33) – P. 13–18.
4. *Фатуллаев, Р.С. Бидов, Т.Х. Абдрашитова, Д.Э. Сабанов, Г.А.* Формирование индексов перехода от базового уровня цен к уровням цен в отдельных субъектах РФ в рамках разработки сборника укрупненных базовых стоимостей работ по капитальному ремонту // *Известия ТулГУ. Технические науки.* - 2023. - №3.
5. *Фатуллаев, Р.С. Ланидус А.А.* Организационно-технологические решения, обосновывающие проведение внеплановых работ по капитальному ремонту многоквартирных домов // *Вестник МГСУ.* - 2017. - Т. 12, - № 3(102). С. - 304-307.
6. Черникова, Т.А. Титова, О.В. Направления совершенствования управления эксплуатацией и ремонтом жилищного фонда в современных условиях / Черникова, Т.А. Титова, О.В. // *Столыпинский вестник.* - 2022. - Т. 4, № 7.
7. *Ланидус А. А.* Формирование организационно-технологических платформ в строительстве // *Строительное производство.* - 2022. - № 1. - С. 2-6.
8. *Fatullaev, R. S.* Modeling and assessment of a multi-apartment residential house with a planned overhaul // *E3S Web of Conference / International Science Conference SPbWOSCE-2018 «Business Technologies for Sustainable Urban Development».* – 2019. – Vol. 110, - P. 02157

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (ТИМ) В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ В РЕСПУБЛИКЕ ИРАК

Хуссейн А.М.С. Аль-Джубури¹, М.А. Фахратов², К.В. Полосина³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹Hussainjuboori87@gmail.com

²Fahratov@mail.ru

³polosina_95@mail.ru

Аннотация

С увеличением спроса в строительной индустрии и развития строительства по всему миру проекты стали более сложными. Проектировать и управлять проектами с использованием традиционных методов становится проблематично. В прошлом методы были успешными, но в настоящее время проекты страдают низкой эффективностью и продуктивностью. Поэтому возникает необходимость в создании единой среды, в которой многие эксперты работали бы вместе в течение всего жизненного цикла здания.

Строительный сектор страдает нехваткой специалистов, обладающих навыками BIM (Building Information Modelling). Для удовлетворения будущих потребностей и сбалансирования спроса и предложения в навыках использования технологии BIM на рынке труда необходимо предпринять серьезные шаги по подготовке будущих специалистов.

Преподавание ТИМ (технологий информационного моделирования зданий) в образовательных программах гарантирует выход на рынок труда новых работников в будущем с необходимыми навыками. Большая группа университетов по всему миру уже начала готовить свой курс для удовлетворения этого запроса. Несмотря на то, что лекции все еще относительно новые, это четкий сигнал, подтверждающий важность внедрения ТИМ в качестве ключевого элемента в будущих учебных программах инженерного образования.

ВВЕДЕНИЕ

Строительная отрасль сталкивается с серьезной проблемой в XXI веке. Появление технологий информационного моделирования зданий (ТИМ) привело к значительному развитию в области проектирования и строительства и предоставила средства для документирования и управления проектированием в течение всего жизненного цикла объекта строительства от стадии проектирования, разработки дизайна и подготовки чертежей до стадии окончания строительства, эксплуатации здания и управления ими. Спрос на процессы и технологии BIM в настоящее время возрастает. Огромный рост использования аналогичных технологий наблюдается во всем мире. Большая часть университетов по всему миру в больших масштабах уже начала разрабатывать свои образовательные программы в соответствии с требованиями технологии BIM. Для удовлетворения спроса студентам необходимо передать опыт и обучать навыкам для работы с этими инструментами. В настоящее время эти образовательные попытки все еще относительно новый и опираются на образовательные системы, которые не были разработаны. Дополнительно необходимо отметить, что понимание стратегий включения технологий в существующие образовательные программы для расширения сотрудничества отсутствует между различными дисциплинами в строительной отрасли.

Сегодня спрос на использование ТИМ в международных компаниях возрастает. Это оказывает значительное влияние на строительную отрасль и приводит к увеличению зависимости от ТИМ. В результате многих факторов, наиболее важным на сегодняшний день является необходимость комплексного управления строительной информацией и

данных в цифровом виде в течение всего жизненного цикла. Несмотря на очевидную нехватку специалистов, обладающих навыками в области ТИМ, возникает необходимость предпринять серьезные шаги по подготовке специалистов для удовлетворения будущих потребностей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование основано на основных этапах, на которых используются следующие методы:

1. Моделирование: определение набора концепций и инструментов, связанных с использованием технологии информационного моделирования зданий (ТИМ) в секторе инженерного образования.

2. Аналитический: изучение и анализ наиболее важных текущих образовательных стратегий преподавания ТИМ в учебных программах инженерного образования в Ираке, наиболее важных тенденций и мирового опыта в ее преподавании и выявление наиболее важных препятствий, с которыми приходится сталкиваться.

Технология информационного моделирования зданий (ТИМ) - это инновационная методология, которая добилась значительного развития в области инжиниринга и строительства. Этот метод используется в проектировании различных строительных элементов не только в виде двух- или трехмерных геометрических фигур, но и в виде элементов со своими собственными физическими, механическими и электрическими свойствами. Это позволяет быстро переходить от проектирования и моделирования, с одной стороны, к инженерным результатам и схемам реализации, с другой [1]. Таким образом, этот метод сочетает в себе программу AutoCAD, то есть компьютерное черчение, программы моделирования, программы анализа и проектирования в одной структуре. Это облегчает работу инженера и ускоряет ее завершение. Программы, работающие по этой технологии, позволяют легко переносить модели и чертежи между несколькими программами.

Весь жизненный цикл здания или сооружения может быть представлен методом информационного моделирования, в том числе на этапе строительства, эксплуатации и технического обслуживания. Это обеспечивает возможность обмена информацией между участниками любого проекта путем хранения всей информации в общей базе данных конкретного проекта, которую можно просмотреть в любое время очень быстро [2]. Описанные строительные элементы, которые представляют собой реальные компоненты здания, позволяют инженерам получить трехмерную модель с точными деталями здания, что является не просто новым инструментом, а революцией, вызывающей качественные изменения в процессах при проектировании и строительстве.

Растущий спрос на применение ТИМ в строительных проектах побудил ученых начать задумываться о включении инструментов в учебную программу. В текущий период существует много университетов по всему миру, которые преподают ТИМ в своих учебных планах. Включение ТИМ в свои учебные планы дает преимущества академическим программам. Среда трехмерного моделирования с использованием инструментов ТИМ позволяет студентам управлять проектами и понимать взаимосвязь между инженерными дисциплинами проекта, расчетами и планированием количества, времени и оценки затрат [3].

Преподавание ТИМ в рамках инженерного образования началось в середине девяностых годов двадцатого века. Исследования по ней проводились в Техническом университете Джорджии. Техасский университет аналогично начал использовать приложения для моделирования BIM в обучении своих студентов.

В начале двадцатого века многие университеты начали преподавать технологию BIM. В 2003г. Мэдисонский технический колледж в США изучал программу от Autodesk, представленную в рамках учебной программы. В 2004г. Калифорнийский университет принял BIM на вооружение технологии и начал использовать инструменты, с целью помочь студентам понять, как рассчитать количество и оценить предполагаемую стоимость.

В 2006г. было представлено много идей о том, как включить ТИМ в образовательная программа. Университет Пенсильвании представил идею интегрированной дизайн-студии для обучения групп студентов различных дисциплин с использованием ТИМ. Проект был выбран из реальности для студентов разных дисциплин (архитектура, строительство, механика и электротехника) и предоставлен им для реализации сценария проектирования здания с конкретной программой, местоположением и фактическим бюджетом.

С 2010 г. университеты продвигаются к внедрению междисциплинарных дизайн-студий. Примером являются интегрированные дизайн-студии, предлагаемые Техническим университетом Вирджинии, в которые входят студенты всех уровней и всех инженерных программ.

Для того чтобы технология ВІМ стала неотъемлемой частью университетских инженерных программ, необходимо чтобы она не оказывала негативного влияния на другие цели и принципы. Студентам должны быть предоставлены знания и навыки для достижения требуемого уровня компетентности на рынке труда. Технология ВІМ в инженерном образовании фокусируется на многих терминах, таких как трехмерные (3D), четырехмерные (4D), пятиугольные (5D), шестиугольные (6D) и семимерные (7D) модели [4].

Трехмерное измерение дает возможность увидеть здание со всех сторон. Четырехмерное- когда технология ВІМ позволила работать над графиками и сроками реализации. Пятое измерение включает в себя стоимость, где технология облегчает расчет количеств и цен непосредственно на этапе проектирования. Шестое измерение связано с эксплуатацией и техническим обслуживанием здания [5]. Модель используется в работах по эксплуатации и техническому обслуживанию с возможностью простого и правильного внесения изменений в базовую модель. Это позволяет экономить деньги в долгосрочной перспективе и позволяет экологичность здания. Седьмое измерение представляет собой средства управления зданием после ввода в эксплуатацию. Как только строительство проекта завершено, модель является полезным инструментом для размещения оборудования внутри и снаружи здания.

Два основных метода преподавания ТИМ:

1. Метод преподавания технологии ВІМ на отдельных курсах.

Этот метод появился в середине девяностых годов в двух университетах США; Технологическом институте Джорджии и Техасском университете. До сих пор используется в большинстве университетов и предлагается либо как самостоятельный курс, либо как курс, интегрированный в другой курс. Может преподаваться в дизайн-студии, либо семинары.

При обучении технике используются различные уровни и стратегии:

- вводный уровень (ВІМ-моделист, модельер-проектировщик).

На этом уровне технология ВІМ преподается как самостоятельный курс (отдельные курсы) для развития навыков студента. Цели этого уровня состоят в том, чтобы изучить наиболее часто используемые инструменты ВІМ, чтобы получить хорошие основы в концепциях этой технологии. Изучить основные концепции моделирования, понять, как взаимодействовать между различными типами информации [6]. Этим инструментом можно обучать с помощью семинаров, лекций и лабораторий. Студенты решают проблемы и выполняют набор индивидуальных задач, специфичных для обучения инструментам ВІМ. Проектируя, представляя и моделируя свои проекты с использованием информационных программ студенту и студенту не обязательно обладать продвинутыми навыками использования компьютеров. Прежде чем учащиеся приступят к созданию новой формы, лучше начать с внесения изменений в существующие формы, а затем учащиеся создадут форму для небольшого проекта.

- средний уровень (BIM-Аналитик, модельер-Аналитатор).

Технология BIM изучается в рамках самостоятельного курса (отдельных курсов) с целью развития у студентов навыков использования различных инструментов и приложений для моделирования и средств имитации специальных энергетических, ветровых и светотехнических технологий (BIM) с использованием программы Revit [7].

Технология BIM изучается в студиях интегрированного дизайна с целью развития и укрепления навыков дизайнеров моделей. Обязательным условием является то, что студент знаком с основами дизайна, цифровым представлением чертежей и передовыми методами в области трехмерного моделирования, обязан знать строительные системы и ориентироваться о параметрическом проектировании при работе с уравнениями и расчете переменных, необходимых для процесса генерации проекта [8].

Метод интегрированной дизайн-студии с использованием технологии BIM.

Этот метод обучения помогает студентам из разных дисциплин разобраться в рабочем процессе и дает им целостное представление об инженерной и строительной отрасли. Концепция интегрированной дизайн-студии была введена в 2006г. в Пенсильванском университете. Этот метод помог студентам получить знания о том, как выполнять проект на местах. Многие университеты в США, такие как Университет Оклахомы и Стэнфордский университет, начали преподавать ТИМ в рамках своих программ через Интегрированные дизайн-студии. При обучении технике используются продвинутый уровень:

- продвинутый уровень (BIM менеджер, модельер-менеджер)

Технология BIM изучается на продвинутом уровне в междисциплинарной дизайн-студии, также называемой студией профессионального сотрудничества. С целью развития некоторых навыков менеджера моделей, студенты должны обладать предварительными знаниями в области строительных технологий и науки и иметь опыт использования основных инструментов моделирования (BIM) [9].

Цель состоит в том, чтобы изучить соответствующие методы и процессы, такие как рентабельность, концепции и инструменты для управления моделью и ее внедрения. Заявка должна быть на один проект на этом уровне, где студенты создают модель BIM и работают в команде из различных дисциплин. Студенты из каждой программы создают модель, соответствующую их области специализации. На этом этапе основной вопрос заключается в том, как взаимодействовать между ними из-за различий в каждой области. Рабочий процесс должен осуществляться профессионалами для разработки планов моделирования и управления их проектами, где профессионалы играют важную роль в консультировании и руководстве студентами о том, как правильно планировать задачи.

Наиболее важные препятствия и задачи для включения строительных информационных технологий в учебные программы инженерного образования:

1. Условия академической среды.

Есть много проблем, на которые указывают ученые в отношении академической среды. например, было упомянуто, что в текущей учебной программе нет области BIM-образования. В дополнение к трудностям изменения привычек преподавания, которые использовались в течение многих десятилетий, было указано на отсутствие нехватка учебных ресурсов, необходимых для подготовки новых учебных программ. Отсутствие поддержки, оказываемой преподавателям, в дополнение к нехватке времени, оказывается недостаточно для внедрения такого нового метода [10]. Поэтому организаторы некоторых программ решили, что технические инструменты BIM должны преподаваться в рамках дизайн-студии.

2. Непонимание основ и концепций технологии информационного моделирования зданий (ТИМ).

Основы и концепции моделирования с использованием технологии BIM даются нелегко студентам и преподавателям. Особенно тем, кто страдает от недостатка опыта в

использовании инструментов и приложений. Например, в начале изучения Revit студенты из всех сил пытались понять и реализовать концепцию наличия элемента, связанного с его данными [11]. По завершению работы с моделью учащиеся получают отличное представление о том, как работают здания. Обучение ученых и преподавателей использованию технических инструментов BIM также является самой большой проблемой, особенно для тех, у кого не хватает навыков в области ИТ.

3. Трудности в изучении и использовании технических средств информационного моделирования зданий (ТИМ).

Сотрудничество является одной из важнейших концепций и принципов технологии информационного моделирования зданий (ТИМ), которая требует объединения различных дисциплин. В то время как большинство учебных заведений в области архитектуры и строительства имеют свои отделы, независимые друг от друга [12]. Также трудно координировать расписание, классы и лаборатории для колледжа, потому что они часто содержат большое количество студентов, обучающихся одновременно. Это делает процесс управления студентами в дизайн-студии по нескольким дисциплинам одной из самых сложных задач, влияющих на изучение ТИМ. Поскольку необходимо обеспечить подготовку студентов, их уровень, образовательную цель, образовательные обязанности и учебные планы, требуется разработать учебный план для достижения целей каждой специализации (Рис. 1).

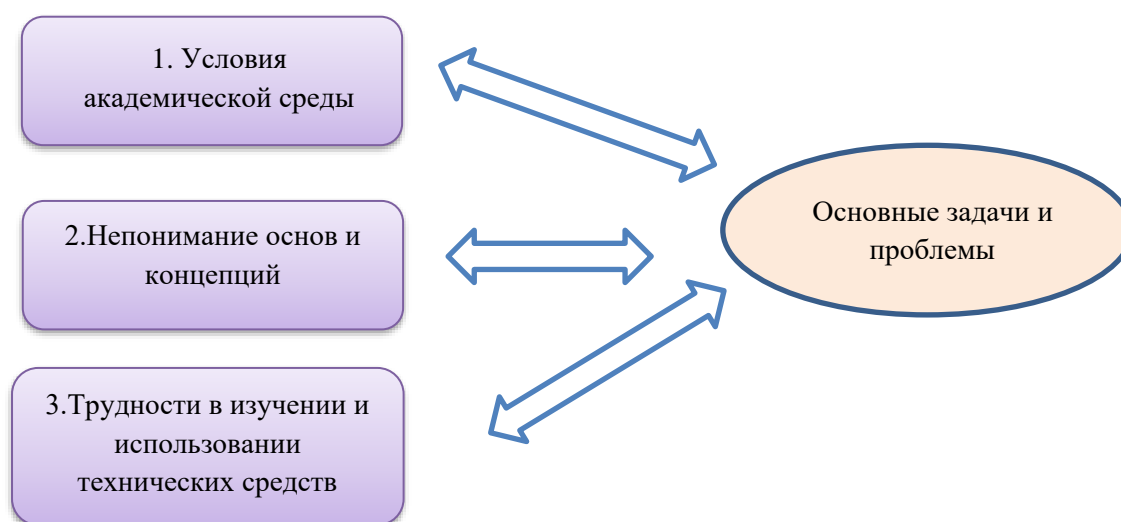


Рис. 1. Основные задачи и проблемы для включения строительных информационных технологий в учебные программы инженерного образования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Интеграция технологий информационного моделирования зданий (ТИМ) в учебную программу университетского инженерного образования заключается в том, чтобы выяснить, какими уровнями владения и навыков должен обладать студент и определить, как их развивать.

2. Интеграция технологии информационного моделирования зданий (ТИМ) в университетские программы инженерного образования обеспечивает в будущем выход на рынок труда новых работников с требуемыми навыками. Таким образом, сокращает дефицит квалифицированных кадров.

3. Формулировка методологии, которая предлагает добиться интеграции технологии информационного моделирования зданий (ТИМ) включены в учебные планы университетского инженерного образования в Ираке, с постепенным внедрением в течение академических лет университетских инженерных программ путем увязки их с основными

целями обучения, предложенными для технологии BIM, а именно (концепции, инструменты и интеграция и сотрудничество методов, систем и процессов) с определением уровней квалификации (вводный, средний, продвинутый) и соответствующих стратегий обучения для каждого уровня (независимые курсы - интегрированные курсы - интегрированная дизайн-студия) и ожидаемых результатов обучения от них.

4. Чтобы удовлетворить будущие потребности в навыках использования технологии ТИМ на рынке труда, академикам пришлось вмешаться и предпринять серьезные шаги по подготовке будущих специалистов.

ВЫВОДЫ

Внедрение предложенной методологии интеграции технологии BIM в учебные планы университетского инженерного образования в Ираке является одной из наиболее важных рекомендаций исследования.

Процесс интеграции технологии BIM в учебные программы инженерного образования не будет легким процессом, поскольку существует множество ограничений и препятствий. Необходимо постепенно применять предложенную методологию.

Методология обучения информационному моделированию зданий (ТИМ) должна применяться исходя из целей каждого уровня. Семинары и лекции по инструментам моделирования, концепциям и вопросам, специфичным для строительной отрасли, рекомендуются на каждом из трех уровней, при условии, что семинары и лекции подготовлены специалистами.

Следует разработать учебные классы и компьютерные лаборатории. Интегрированные дизайн-студии должны быть оснащены программами инженерного образования в иракских университетах и обеспечены передовыми компьютерами, инструментами и техническими приложениями (BIM), подходящими для каждого уровня навыков. Дополнительно необходимо предоставлять и развивать интернет-сети для удаленного сотрудничества с международными университетами и извлекать выгоду из их опыта.

Предоставление веб-сайта, на котором представлен опыт международных университетов в преподавании и интеграции технологии BIM в программы инженерного образования, исследования, академические исследования и конференции, проводимые в этой области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook. John Wiley & Sons, 2008.
2. Золина Т.В., Рассказова С.В. Использование информационных технологий в строительстве // Перспективы развития строительного комплекса № 12. 2018. Сс. 433-437.
3. Ma, X., Zhang Y., Olawumi, T.O., Dong, N. and Chan, A.P.C. Conceptual Framework and Roadmap Approach for Integrating BIM into Lifecycle Project Management. Journal of Management in Engineering. 2018. Vol 34. С. 1-10.
4. Hadi ZS. A Review paper on Benefits of BIM Adoption to Improve project performance in Iraqi Construction Industry. International Journal of Contemporary Applied Researches. 2020. Vol. 7, No. 10. pp. 81-108.
5. Цопа Н.В. Информационное моделирование взаимодействия участников инвестиционно-строительного проекта в рамках цифровой экономики // Инновационное развитие строительства и архитектуры: взгляд в будущее: сборник тезисов участников Международного студенческого строительного форума 2018. Симферополь. 2018 г. Сс. 183-186.
6. Коровина М.Д. Сложности перехода к BIM проектированию // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук № 12 (3). 2016. Сс. 124-127.
7. Семенов А.А. Подготовка специалистов в области BIM-технологий для развития цифровой экономики в строительстве. новые информационные технологии в архитектуре и строительстве // Материалы всероссийской научной конференции с международным участием. 2018. Издательство: Уральский государственный архитектурно-художественный университет (Екатеринбург). С. 44.
8. Четвериков Н.П. Поэтапное внедрение технологий информационного моделирования (BIM) в строительной сфере // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. № 5(18). С. 33-36.
9. Бачурина С.С., Голосова Т.С. Инвестиционная составляющая в проектах внедрения BIM-технологий //

- Вестник МГСУ; ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г.В. Плеханова». 2016. № 2. С. 126–134.
10. Лapidус А.А., Толстова К.С., Топчий Д.В. Формирование групп параметров, влияющих на критерий допустимости совмещения процессов при производстве отделочных работ // Наука и бизнес: пути развития. 2018. № 6 (84). С. 18–22.
 11. Спрыжков А.М., Мустафин Н.Ш. Повышение производительности производства на всех этапах проектирования и строительства с помощью программных технологий «BIM» (BIM) // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 73-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР / СГАСУ. Самара, 2016. С.296-298.
 12. Лapidус А.А., Абрамов И.Л., Мартянова А.А. Внедрение цифровых технологий в строительную отрасль // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы 2019: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Москва. 2019. Сс. 326-330.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

О.Н. Кузина

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
kuzinaon@mgsu.ru

Аннотация

Прогнозирование продолжительности строительства относится к классу задач организационно-технологической модели объекта капитального строительства. При разработке модели был использован набор алгоритмов машинного обучения, включая логистическую регрессию, метод опорных векторов, метод деревьев решений и случайного леса. Таким образом, в процессе исследования были подготовлены данные для формирования датасета в виде плоской таблицы, было разработано 4 модели, выбрана наиболее эффективная модель. Сформированы гипотезы для дальнейшего повышения качества моделей.

ВВЕДЕНИЕ

Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года определяет основные задачи трансформации строительной отрасли как перестройку базовых процессов таким образом, чтобы сократить продолжительность цикла не менее, чем на 30%, регулировать допуск на рынок новых игроков, но с максимальной прозрачностью строительных процедур, которые могут быть обеспечены только цифровыми инструментами. Но и главное, вокруг чего строится стратегия развития – это принятие мер для повышения производительности труда и бережливое управление всеми видами обеспечивающих стройку ресурсами [1].

Решение такой задачи лежит, прежде всего, в плоскости организации процесса планирования более глубокого уровня декомпозиции операций и расчета их продолжительности. В этой связи использование инструментов на основе искусственного интеллекта может ускорить процесс как создания прогнозов, так и контроля отклонений, учета изменений в плане проекта.

Машинное обучение является частью системы методов искусственного интеллекта, которые определяются по ГОСТ Р 59277-2020 «Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта» как комплекс технологических решений, который включает в себя среди прочего процессы и сервисы по обработке данных, анализу и синтезу решений.

Продолжительность строительства как один из основных показателей строительства определяется в рамках проектов организации строительства (ПОС) на стадии проектирования, проектов производства работ (ППР) на стадии строительства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Организационно-технологическая модель объекта формируется на этапе планирования, то есть в рамках формирования ПОС и ППР. План внутри этих проектов декомпозируется до операций с учетом потребностей ресурсов, ожиданий и ограничений участников на всем протяжении жизненного цикла объекта[2].

Продолжительность строительства складывается из продолжительности процессов подготовительного этапа, основного и заключительного этапа строительства. На сроки производства работ могут повлиять множество факторов.

Одним из факторов срыва сроков может быть слабая организация труда, низкая производительность труда, нехватка надлежащей рабочей силы и проблемы координации

между бригадами, генподрядной и субподрядной организации. Кроме того, могут быть рассчитаны нереалистичные сроки реализации строительно-монтажных работы, могут произойти срывы сроков поставок материалов или отключить электроснабжение на строительной площадке, может задержаться финансирование и др. Также могут быть задержки в производстве работ в связи с предписаниями государственных надзорных органов.

В целом продолжительность строительства может рассчитываться несколькими способами – по объектам-аналогам, по нормам затрат труда и машинного времени на конкретный вид работ. Продолжительность строительства определяется при оптимальном использовании всех видов ресурсов, при применении технологических методов и при рациональной организации работ, начиная с подготовительного периода до приемки объекта в эксплуатацию. Большинство современных методик прогноза продолжительности строительства базируется на использовании статистического моделирования календарного плана работ, при котором учитывается определенная организационно-технологическая последовательность выполнения работ. Поэтому для достижения запланированных показателей требуется обеспечение постоянного мониторинга выполнения работ, и тогда на его основе по выбранным методикам будут определяться прогнозы окончаний работ [3].

Для прогнозирования продолжительности строительства могут использоваться различные алгоритмы машинного обучения, такие как: регрессия, метод опорных векторов, случайный лес, нейронные сети.

Метод линейной регрессия может быть применен для прогнозирования времени продолжительности строительного производства на основе исторических данных о продолжительности объектов-аналогов. Метод опорных векторов может быть использован для прогнозирования продолжительности строительства на основе различных параметров проекта. Метод случайного леса может быть применен для анализа множества параметров для создания прогнозных моделей. Нейронные сети могут быть использованы для анализа сложных взаимосвязей между параметрами проекта [4,5,6,7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Настоящее исследование направлено на разработку и описание новой практики управления операциями в строительстве, основываясь на точности подбора признаков для их классификации с целью формирования прогноза продолжительности производства работ и повышения организационной эффективности решений, указанных в технологических картах [8].

На первом этапе сложность представляет процесс формирования структуры данных, которые нужно обучать. Виды организационно-технологической документации в целом формируются по установленным формам, например, ведомость расчета затрат труда и машинного время с расчетом продолжительности, графики производства работ, акты выполненных работ и т.д. При проведении анализа данных, формируемых в различных типах документов, структура дата сета выстраивается на основе формирования исчерпывающего перечня признаков, которые могут оказать влияние на целевую переменную.

Для обучения модели использовался пример ведомости расчета затрат труда и машинного времени жилого многоквартирного дома по ГЭСН, расчет временных показателей сетевой графовой модели, плановые и фактические даты выполнения работ. В таблице 1 представлена структура датафрейма для производства дальнейшего моделирования. Блок нормативных показателей и временных показателей рассчитывается на этапе проектирования. Каждый из указанных признаков требует предварительных расчетов в соответствии с методологией их использования. Выбранный датасет содержит 283 работы.

Табл. 1. Структура признаков, необходимых для обучения модели

Блок нормативных показателей и целевая переменная	Расчеты временных показателей	Сроки выполнения планируемые и фактические
1. Код работы	1. Ранее начало работы	1. Дата старта работы (план)
2. Наименование работы	2. Позднее начало работы	2. Дата старта работы (факт)
3. Объем работы	3. Ранее окончание работы	3. Дата финиша работы (план)
4. Трудоемкость человеческого труда нормативная	4. Позднее окончание работы	4. Дата финиша работы (факт)
5. Трудоемкость человеческого труда расчетная	5. Общий резерв времени	
6. Трудоемкость труда машинистов нормативная	6. Частный резерв времени	
7. Трудоемкость труда машинистов расчетная	7. Отметка отношения к критическому пути (True/False)	
8. Число рабочих		
9. Число смен		
10. Продолжительность работы расчетная		

Далее проводился анализ признаков, в том числе проверка корреляции различных признаков. В таблице 2 показаны наиболее скоррелированные признаки, то есть показана степень влияния признаков на продолжительность работы. Из 21 признака наиболее повлияли на расчет прогноза продолжительности 9.

Табл. 2. Корреляция признаков с целевой переменной.

Признак	Значение
Продолжительность – целевая переменная	1
Трудоемкость человеческого труда расчетная	0,94
Число смен	0,7
Число рабочих	0,63
Общий резерв времени	0,32
Трудоемкость труда машинистов расчетная	0,28
Позднее окончание работы	0,21
Дата финиша работы (факт)	0,2
Отметка отношения к критическому пути (True/False)	0,16

Далее датасет был разбит на обучающую и тестовую выборку в пропорции 80% на 20%. Обучение проводилось по 4 алгоритмам машинного обучения: логистической регрессии, метода опорных векторов, метода случайного леса, метода дерева решений. Логистическая регрессия применяется для анализа связей между переменными, для бинарной классификации и прогнозирования вероятностей [9]. Метод опорных векторов позволяет разделить данные классов гиперплоскостью, метод устойчив к выбросам, эффект получается в зависимости от расстояния между параллельными гиперплоскостями – чем больше расстояние между ними, тем меньше будет ошибка [10]. Метод дерева решений используется для предсказания значения целевой переменной с помощью применения последовательности простых решающих правил. С помощью метода случайного леса

можно отобрать наиболее эффективные признаки, которые имеют наибольшие значения [11].

Результаты точности предсказания продолжительности по трем моделям представлены в таблице 3. Наилучший результат предсказаний получен методом случайного леса.

Табл 3. Результаты обучения по ключевой метрике точности алгоритма.

Наименование алгоритма машинного обучения	Точность предсказания
Logistic Regression	54.16666666666666
SVM	54.73684210526316
Decision Tree	78.74789793842257
Random Forest	79.16666666666666

Случайный лес состоит из некоторого множества решающих деревьев. В задачах регрессии ответы усредняются, а в задаче классификации выбирается наилучшее решение из подмножества. Деревья создаются независимо из обучающей выборки, формируя подвыборку, по которой строится дерево, в нем случайным образом формируются признаковое поле, по заданному критерию выбирается наилучший признак. Дерево будет декомпозироваться, пока выборка не окончится, то есть не произойдет полная классификация признаков. Такая модель показывает наилучшие результаты по проведенным исследованиям.

ВЫВОДЫ

Проведенное исследование показывает, что для получения более точного результата в машинном обучении необходимо использовать больше данных из существующего опыта производства отдельных видов работ, на разных объектах и в конкретной организации. Основными сложностями при решении задачи предсказания продолжительности строительства является необходимость трудоемкой подготовки данных для обучения, в том числе производить предварительные объемные расчеты временных параметров работ. В целом данное исследование показывает:

- Недостаточный объем и низкое качество доступных данных для обучения моделей
- Отсутствие нормативной базы для регулирования отношений между владельцами данных и пользователями и для защиты персональных данных
- Требуется большее количество данных по типам строительно-монтажных работ и по видам объектов капитального строительства
- Требуется проанализировать дополнительные признаки, влияющие на продолжительность, связанные с локацией объекта и доступностью ресурсов
- В настоящее время нет готовых решений для быстрой интеграции машинного обучения в информационные модели для формирования прогнозов [12].

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (далее – Стратегия) утверждена Указом Президента России от 1 декабря 2016 года №642.
2. Кузина О.Н. Модель управления производительностью труда в строительстве методами искусственного интеллекта. Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 3. с. 68-73.
3. Оолакай, З. Х. о. Совершенствование прогнозирования продолжительности строительства / З. Х. о. Оолакай // Вестник Тувинского государственного университета. №3 Технические и физико-математические науки. – 2019. – № 4(54). – С. 54-59. – DOI 10.24411/2077-6896-2019-10020.
4. Shen Zhang & Xuechun Li (2023) A comparative study of machine learning regression models for predicting construction duration, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, DOI: 10.1080/13467581.2023.2278887.
5. Muizz O. Sanni-Anibire, Rosli Mohamad Zin, Sunday Olusanya Olatunji. Developing a machine learning model

- to predict the construction duration of tall building projects. *Journal of Construction Engineering, Management & Innovation*. 2021, Volume 4, Issue 1, Pages 022-036. <https://doi.org/10.31462/jcemi.2021.01022036>.
6. Arsalan Mahmoodzadeh, Hamid Reza Nejati, Mokhtar Mohammadi. Optimized machine learning modelling for predicting the construction cost and duration of tunnelling projects. *Automation in Construction*, Volume 139, 2022, 104305, ISSN 0926-5805, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104305>.
 7. Amos Darko, Iuliia Glushakova, Emmanuel B. Boateng, Albert P. C. Chan. Using Machine Learning to Improve Cost and Duration Prediction Accuracy in Green Building Projects. 2023. *Journal of Construction Engineering and Management*, P 04023061, V 149, N 8. doi:10.1061/JCEMD4.COENG-13101.
 8. Кузина О.Н., Агаханова К.А. Формирование технологических карт строительных процессов с использованием сквозных цифровых технологий. В сборнике: Актуальные проблемы строительной отрасли и образования - 2021. Сборник докладов Второй Национальной научной конференции. Москва, 2022. С. 899-905.
 9. Schreiber-Gregory, Deanna & Bader, Karlen. (2018). Logistic and Linear Regression Assumptions: Violation Recognition and Control.
 10. Bonsang Koo, Sunmin La, Nam-Wook Cho, Youngsu Yu. Using support vector machines to classify building elements for checking the semantic integrity of building information models. *Automation in Construction*, Volume 98, 2019, Pages 183-194, ISSN 0926-5805, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.11.015>.
 11. Nour El Islem Karabadji, Abdelaziz Amara Korba, Ali Assi, Hassina Seridi, Sabeur Aridhi, Wajdi Dhifli. Accuracy and diversity-aware multi-objective approach for random forest construction. *Expert Systems with Applications*, Volume 225, 2023, 120138, ISSN 0957-4174, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120138>.
 12. Kuzina O. Information technology application in the construction project life cycle//IOP Conference Series Materials Science and Engineering - July 2020. 869:062044.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ. ОДНОМЕРНЫЙ СЛУЧАЙ

Г.А. Филиппов¹, О.А. Васильева²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*g.philippov@yandex.ru,*

¹*vasilievaoa@mgsu.ru,*

Аннотация

В работе рассмотрен процесс производства строительных материалов, основанный на автокаталитической реакции двух реагентов, проводимой в бесконечном цилиндре. Приведена математическая модель рассматриваемого процесса. Математическая модель описывается задачей Коши для нелинейной системы дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка, содержащий малый параметр при нелинейных членах. Проведено численное исследование математической модели, исследуется влияние малого параметра при различных значениях амплитуды.

ВВЕДЕНИЕ

Рассмотрен процесс производства строительных материалов, основанный на автокаталитической реакции двух реагентов, проводимой в бесконечном цилиндре. Для математического описания автокаталитических реакций двухкомпонентной смеси применяется кинетическая система уравнений, представляющая из себя систему двух дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка [1-6]. Указанная кинетическая модель достаточно полно изучена с математической точки зрения. Для описания изучаемого процесса в работе использована модель Карлемана, предположенная в работах [7]. Математическая модель описывается задачей Коши для нелинейной системы дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка, содержащий малый параметр при нелинейных членах. Проведено численное исследование математической модели. Целью является исследование зависимости скорости стабилизации решений математической модели при различных значениях малого параметра и начальной амплитуды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрим процесс производства строительных материалов, основанный на автокаталитической реакции двух реагентов в бесконечном цилиндре. Проведем построение математической модели указанного процесса. Для упрощения анализа и сравнения результатов, полученных с использованием различных математических моделей [6], сформулируем математическую модель в приведенных переменных. В каждой точке цилиндра x в момент времени t реагенты характеризуются своей плотностью. В процессе взаимодействия реагентов происходит изменение из плотностей, при этом происходит стабилизация. Другими словами, при завершении реакции оба реагента должны иметь постоянные плотности в каждой точке цилиндра, т.е. наступает положение равновесия. Обозначим отклонение плотностей реагентов от положения равновесия через $u(t, x)$ и $w(t, x)$. Частицы первого и второго реагентов имеют противоположно направленные скорости, равные по абсолютной величине 1. В этих обозначениях математическая модель имеет вид [7]:

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{1}{\varepsilon}(v^2 - u^2) \\ \frac{\partial v}{\partial t} - \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{1}{\varepsilon}(u^2 - v^2) \end{cases}$$

С начальными условиями

$$u|_{t=0} = u^0(x),$$

$$w|_{t=0} = w^0(x),$$

Где, $u(x,t)$, $w(x,t)$ плотности реагентов в точке x в момент времени t , ε - малый параметр, а начальные условия удовлетворяют следующим условиям $u_0(x) > 0$ и $w_0(x) > 0$, $u_0(x)$ и $w_0(x)$ – периодические с периодом 1 функции и

$$\int_0^1 u^0(x)dx = \int_0^1 w^0(x)dx = c$$

Имеет стационарное решение

$$u_s(t, x) = c, w_s(t, x) = c$$

Называемое положением равновесия для химической реакции (реакция завершена)

За меру приближения к положению равновесия возьмем

$$E(t) = \sqrt{\int_0^1 (u(t, x) - u_s(x))^2 + (w(t, x) - w_s(x))^2 dx}$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрим случай, когда начальные условия имеют вид

$$u(x, 0) = 1 + A \sin(2\pi x),$$

$$w(x, 0) = 1.$$

На рис. 1 представлены отклонения решений от положения равновесия $E(t)$ для $\varepsilon = 0,2$ и значений амплитуд A : 0.01, 0.05, 0.1, 0.2 кривые E_1 , E_2 , E_3 и E_4 соответственно.

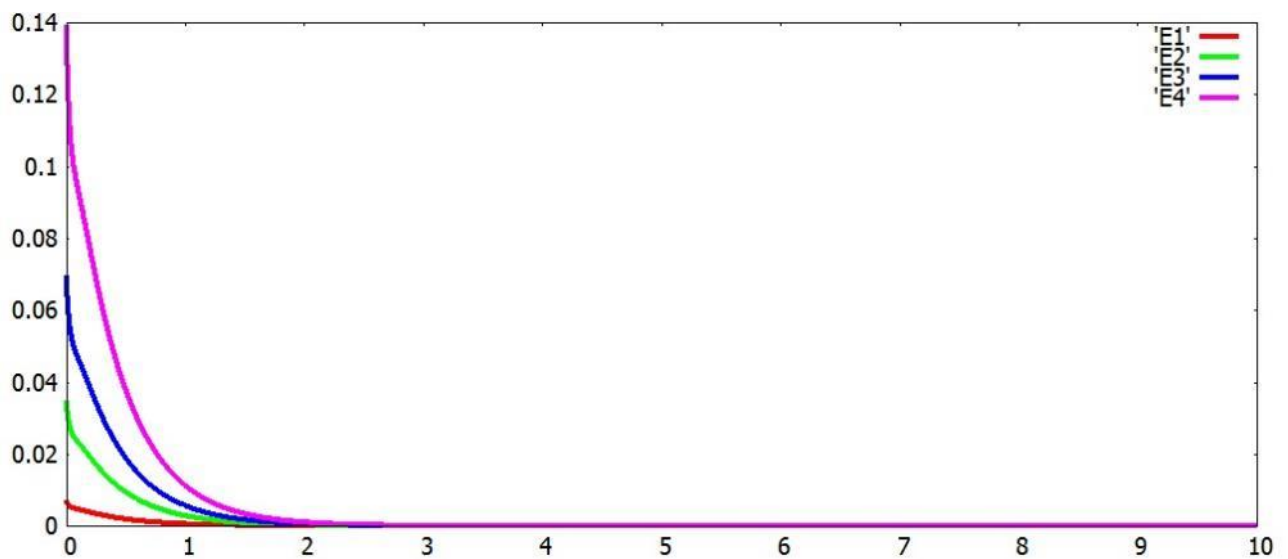


Рис. 1. Отклонение решений от положения равновесия при $\varepsilon = 0,2$

Время достижения отклонением заданного значения δ при этом растет с ростом амплитуды A . Однако, время достижения относительной точности, например $0,1 E(0)$ остается практически постоянным.

На рис. 2,3 представлены отклонения решений от положения равновесия для $\varepsilon = 0,05$ и $0,01$. С уменьшением ε увеличение времени достижения относительной точности $0,1 E(0)$ становится более существенным.

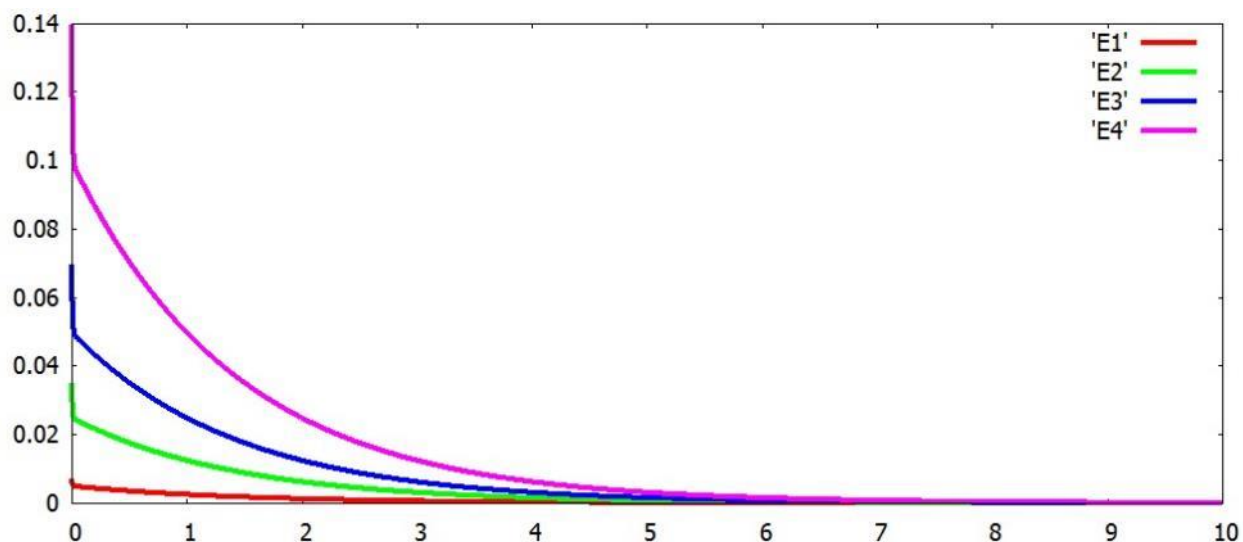


Рис. 2. Отклонение решений от положения равновесия при $\varepsilon = 0,05$

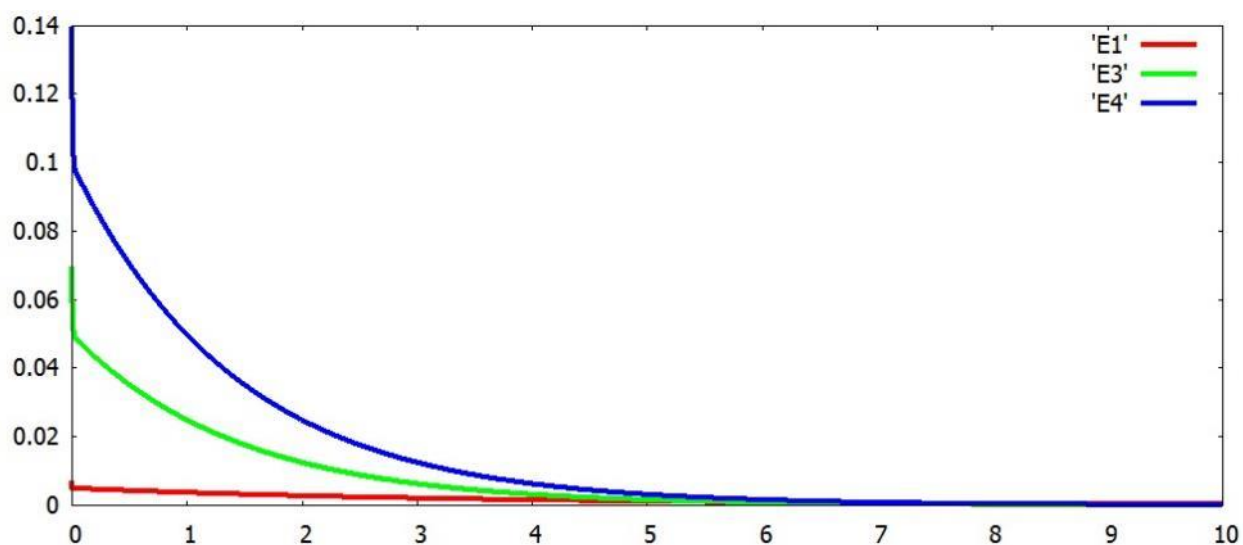


Рис. 3. Отклонение решений от положения равновесия при $\varepsilon = 0,01$

ВЫВОДЫ

Рассмотрен процесс производства строительных материалов, основанный на автокаталитической реакции двух реагентов в бесконечном цилиндре. Рассмотрена математическая модель, описываемая задачей Коши для нелинейной системы дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка, содержащей малый параметр при нелинейных членах. Приведены и обсуждены примеры полученных численных результатов для разных уровней амплитуд и значений малого параметра, был сделан вывод, что с уменьшением малого параметра ε увеличивается время достижения относительной точности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Годунов С.К., Султангазин У.М. О дискретных моделях кинетического уравнения Больцмана // Успехи МН. 1974. Т. XXVI. №. 3(159). С. 3-51.
2. Радкевич Е.В. О дискретных кинетических уравнениях // Доклады Академии наук. 2012. Т. 447. № 4. С. 369.
3. Ильин О.В. Изучение существования решений и устойчивости кинетической системы Карлемана // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2007. Т. 47. №12. С. 2076 - 2087.
4. Aristov V., Ilyin O. Kinetic model of the spatio-temporal turbulence // Phys. Let. A, 2010. Vol. 374. Pp. 4381 - 4384.
5. Vasil'eva O. Some results of numerical investigation of the Carleman system // Procedia Engineering 24th. "XXIV R-S-P Seminar – Theoretical Foundation of Civil Engineering, TFOCE 2015". 2015. Pp. 834-838.
6. Васильева О.А. Численное исследование системы уравнений Карлемана // Вестник МГСУ. 2015. № 6. С. 7-15.
7. Карлеман Т. Математические задачи кинетической теории газов / Problèmes mathématiques dans la théorie cinétique des gaz / Карлеман Т. ; под ред. Н. Н. Боголюбова ; ред. М. С. Агранович ; пер. с фр. Карабегов В.-К. И. – Москва : Издательство иностранной литературы, 1960. – 118 с

АНАЛИЗ СФЕР ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ РАСШИРЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ. ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

Е.А. Талалай¹, А.Н. Маринин²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», 625000, Уральский федеральный округ, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38,

¹talalay2001@gmail.com

²a-marinin@yandex.ru

Аннотация

Исследование посвящено анализу сфер применения технологий расширенной реальности (AR) с целью выявления потенциала для улучшения современных процессов. В статье рассмотрены популярные программные комплексы для создания расширенной и дополненной реальности, указаны их достоинства и недостатки, учитываемые при внедрении в различные отрасли человеческой деятельности. Методология исследования включает анализ существующих примеров применения AR, оценку эффективности в различных сферах и определение возможных улучшений.

Целью работы является определение возможных векторов внедрения и интеграции технологий AR для решения конкретных проблем в различных сферах и повышения их эффективности. Методы исследования включают анализ статистических данных и обзор современных исследований в области применения AR. Результаты исследования предоставляют обзор перспективных направлений для улучшения сфер применения AR, а также выделяют ключевые аспекты, на которые следует обратить внимание разработчикам и предпринимателям для более успешного внедрения этой технологии в различные отрасли.

ВВЕДЕНИЕ

С постоянным развитием технологий в современном мире появляются новые возможности для улучшения процессов обучения и тренировки. Одной из таких инновационных технологий является расширенная реальность, предоставляющая пользователям уникальный опыт взаимодействия с реальным миром, дополненным виртуальными элементами. Это новое направление в обучении, которое позволяет использовать компьютерные технологии для создания виртуальных объектов и интерактивных сред [1]. В данной статье рассматривается, как технология расширенной реальности может быть успешно внедрена в обучение и тренировку рабочих, что позволит существенно снизить количество ошибок и повысить качество работ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Расширенная реальность (AR) стала неотъемлемой частью современных технологических разработок, и для ее создания используются различные программные средства, рассмотрим несколько из них и проведем сравнительный анализ.

Первая программа – Unity. Одна из самых популярных платформ в мире для создания двух- и трехмерных приложений в режиме реального времени, Она доступна для использования на системах Windows и OS X и позволяет создавать приложения, работающие под более чем двадцатью различными операционными системами. Редактор имеет простой интерфейс, который можно легко настроить, и состоит из различных окон, где можно производить отладку прямо в редакторе [2].

Преимущества:

- интегрированная визуальная среда разработки, что облегчает создание виртуальных объектов;
- многоплатформенная поддержка, включая iOS, Android, Windows, и другие;
- крупное сообщество и обширная документация, что упрощает обучение и решение проблем.

Недостатки:

- изначально ориентирована на игровую индустрию, что может сделать интерфейс сложным для новичков в других отраслях.

Вторая программа – Vuforia. Эта платформа дает возможность в режиме реального времени осуществлять отслеживание плоских изображений, а также простых объемных объектов. Она способна распознавать цилиндрические маркеры и текст, что делает ее мощным инструментом для создания разнообразных AR-приложений с широкими функциональными возможностями. Предоставляет существенную поддержку при разработке приложений в формате дополненной реальности для мобильных устройств, таких как смартфоны и планшеты, под операционными системами iOS и Android [3].

Преимущества:

- простота интеграции с Unity и другими популярными платформами;
- мощные инструменты для распознавания маркеров и объектов;
- широкие возможности в области отслеживания движения.

Недостатки:

- ограниченные бесплатные возможности; полноценный функционал требует подписки.

Также рассмотрим Unreal Engine – это мощная графическая платформа, разработанная компанией Epic Games. Предназначена для создания интерактивных 2D и 3D приложений, включая игры, анимацию, архитектурное визуализирование и виртуальную реальность, Unreal Engine широко используется в индустрии развлечений и визуализации [4].

Преимущества:

- графическое качество. Unreal Engine славится своим выдающимся графическим качеством и реалистичностью;

- поддерживает различные платформы, включая персональные компьютеры, консоли, мобильные устройства и виртуальные и дополненные реальности. Это обеспечивает широкий охват целевой аудитории.

- большое сообщество и документация, что облегчает обучение и решение проблем в процессе разработки.

- возможность использования визуальной системы программирования Blueprints упрощает создание прототипов и позволяет даже тем, кто не является программистом, внести свой вклад в разработку.

Недостатки:

- сложность обучения, из-за богатства функциональности и высокой сложности, начинающим разработчикам может потребоваться время для освоения всех аспектов;

- необходимо мощное оборудование;

- проекты, могут быть крупными по размеру из-за высококачественных текстур и ресурсов, что может влиять на время загрузки и производительность.

ARKit – это программная платформа для разработки приложений дополненной реальности (AR), разработанная Apple. Предназначенная для операционной системы iOS, ARKit обеспечивает разработчикам инструменты для создания увлекательных и инновационных AR-приложений на устройствах iPhone и iPad [5].

Преимущества:

- интегрирована в iOS, что обеспечивает высокую производительность на устройствах Apple;

- поддержка функций отслеживания лица и пространственного восприятия;

- активно развивается Apple, что гарантирует обновления и новые возможности.

Недостатки:

- ограничена использованием только на устройствах Apple, что сужает целевую аудиторию.

– в многопользовательском режиме ARKit иногда может сталкиваться с ограничениями в поддержке одновременного взаимодействия нескольких пользователей в одном AR-пространстве.

Следующая программа – ARCore. Это платформа для создания приложений дополненной реальности, разработанная Google. Предназначенная для мобильных устройств на базе операционной системы Android, ARCore предоставляет инструменты разработчикам для интеграции виртуальных объектов и эффектов в реальное окружение через камеру устройства [6].

Преимущества:

– интегрирована с другими сервисами Google, такими как Google Maps и Google Lens, что обеспечивает более широкие возможности взаимодействия с внешним миром;

– возможность работы без использования маркеров;

– интеграция с популярными фреймворками, такими как Unity и Unreal Engine.

Недостатки:

– поддержка ограничена некоторыми моделями устройств, что может ограничивать аудиторию;

– на некоторых сложных поверхностях, таких как стеклянные или отражающие, ARCore может испытывать трудности в корректном отслеживании.

Каждая из рассмотренных программ обладает своими уникальными характеристиками и преимуществами, и выбор определенной зависит от конкретных потребностей проекта и уровня опыта разработчика. Unity остается одной из самых универсальных и мощных сред разработки, тогда как ARKit и ARCore подходят для разработки под конкретные мобильные платформы. Важно учитывать как технические характеристики программ, так и стоимость их использования в зависимости от бюджета проекта.

Внедрение новых технологий в различные сферы деятельности играет ключевую роль в современном обществе [7], обеспечивая улучшение эффективности, повышение качества услуг и ускорение решение сложных задач. Одним из ярких примеров успешного внедрения технологий является использование виртуальной реальности (VR) в таких областях, как здравоохранение, военная сфера и строительство.

Медицина - одна из важнейших и практически насыщенных областей применения технологий расширенной реальности. Например, при операциях визуализация на эндоскопе дополняется изображением, полученным в процессе интраоперативной ангиографии, что позволяет точно определить очаг поражения [8].

Примером выдающегося медицинского применения технологий расширенной реальности стал случай использования iPad в 2013 году для информационной поддержки во время операции на печени. Планшет получал изображение оперируемого органа с встроенной камеры и мгновенно отображал его на своем экране, дополняя информацией из справочных данных и результатами обследования пациента. Трехчасовая операция была проведена успешно [9].

На сегодняшний день технологии виртуальной и дополненной реальности успешно применяются в хирургии и в сфере образования. Начиная с 2016 года, когда была проведена первая в мире операция в режиме VR-online, это направление стало чрезвычайно востребованным. В результате использования технологии виртуальной реальности (VR) тысячи студентов-медиков из различных регионов мира имеют возможность наблюдать за ходом операции глазами хирурга и его помощника, а также могут в любой момент переключаться на панорамный обзор и обсуждать процесс в чате [10].

В военной сфере, с 2012 года, США официально внедрили использование VR и AR-оборудования для обучения военных, включая летчиков, механиков-водителей, моряков, медиков и солдат. Эта методика оправдала возложенные на неё надежды, предоставляя персоналу возможность быстро приобрести необходимые навыки в условиях, максимально приближенных к реальным, без риска для здоровья и жизни.

В настоящее время в США разрабатывается тактическая система дополненной реальности Integrated Visual Augmentation System (IVAS), которая подсвечивает цели, отображает местоположение бойца на карте, работает в связке с лазерным дальномером, показывает расстояние до мишени и выводит подсказки на экран. AR-очки позволяют солдату получать доступ к информации, не отрывая глаз от поля боя, а также с помощью датчиков низкой освещенности позволяют буквально «видеть в темноте» [11].

Расширенная реальность широко применяется в обучении рабочих на строительных площадках для улучшения процессов обучения, безопасности и эффективности труда. Приведем несколько примеров компаний, активно использующих AR в этой области.

Компания DAQRI разрабатывает AR-решения, включая специальные шлемы и очки, предназначенные для использования на стройплощадках. Их технологии позволяют визуализировать сложные инженерные чертежи, предоставлять инструкции по безопасности и обеспечивать взаимодействие с виртуальными объектами в реальном времени. DAQRI Smart Helmet – это AR-шлем, разработанный специально для рабочих на стройке. Он предоставляет виртуальные инструкции, планы и данные прямо в поле зрения рабочего, улучшая процессы обучения и выполнения задач [12].

Компания Trimble предоставляет решения для строительной отрасли, включая AR-технологии для обучения рабочих. Их продукты включают в себя визуализацию строительных проектов и взаимодействие с трехмерными моделями, что помогает улучшить понимание задач и повысить производительность [13].

Procore – это платформа для управления строительными проектами, которая также внедряет технологии AR в свои решения. Рабочие могут использовать AR для визуализации проектов в реальном масштабе, а также получения важной информации на месте работ [14].

Эти компании представляют лишь небольшой перечень тех, которые активно используют дополненную реальность для обучения и облегчения работы рабочих на строительных площадках. Такие технологии демонстрируют потенциал в улучшении безопасности, сокращении времени обучения и повышении эффективности в строительной индустрии.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Технологии расширенной реальности представляют собой новое направление в обучении и тренировке рабочих на строительных площадках. Они позволяют создавать виртуальные объекты и интерактивные среды для обучения и тренировки рабочих, что существенно повышает эффективность обучения и снижает количество ошибок.

Основные варианты использования VR/AR строительной сфере:

1. Обучение. Для безопасной и эффективной работы со строительной техникой необходима подготовка, но обучение на реальном оборудовании может быть опасным. Тренажеры виртуальной реальности позволяют новым работникам безопасно познакомиться с оборудованием.

2. Удаленное обслуживание и мониторинг. AR позволяет работникам получать оперативные рекомендации от экспертов, находящихся в удалении. Это снижает необходимость физического присутствия на месте, экономя время и предотвращая возможные ошибки, обеспечивая при этом надежную поддержку проекта от опытных специалистов в режиме реального времени.

3. Дизайн. VR и AR идеально подходят для архитекторов и дизайнеров, позволяя им оценить проект в захватывающей виртуальной среде до начала строительства, отличаясь от обычных 2D-визуализаций. С помощью VR эти профессионалы могут фактически «находиться» внутри цифровой модели, что обеспечивает глубокое понимание реализации их идей и предотвращает возможные трудности заранее.

ВЫВОДЫ

Внедрение новых технологий, таких как виртуальная реальность, не только содействует улучшению качества услуг и повышению производительности в различных отраслях, но также способствует инновационному развитию и созданию новых возможностей для решения сложных задач. Развитие технологий играет важную роль в формировании передового и конкурентоспособного общества, где эффективное использование новых технологий становится ключевым фактором для достижения успеха.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Петров Г.* Инновационные технологии в строительстве: VR и AR меняют отрасль // *TECHNOmagazine*. – 2019. – URL: <https://t-magazine.ru/pages/innovation2019>. (дата обращения: 12.12.2023)
2. Платформа Unity для разработки в реальном времени: [сайт]. URL: <https://unity.com/ru> (дата обращения: 10.12.2023).
3. Vuforia: [сайт]. URL: <https://developer.vuforia.com/support-learn> (дата обращения: 10.12.2023).
4. Unreal Engine: самый мощный инструмент для создания 3D-изображений в реальном времени: [сайт]. URL: <https://www.unrealengine.com/en-US/unreal-engine-5> (дата обращения: 10.12.2023).
5. ARKit. Apple Developer Documentation: [сайт]. URL: <https://developer.apple.com/documentation/arkit> (дата обращения: 10.12.2023).
6. ARCore: [сайт]. URL: <https://developers.google.com/ar?hl=en> (дата обращения: 10.12.2023).
7. *Маринин А. Н.* Поиск новых технологий в транспортном строительстве / А. Н. Маринин // *Материалы Международной научно-технической конференции "Инновационные технологии при проектировании, строительстве и эксплуатации транспортных сооружений"*, 4-6 октября 2010 г., Сочи. – Саратов : КУБиК, 2010. – С. 86-94.
8. *Кутлумуратов А. Б.* К системной эпистемологии современной хирургии URL: <https://vixra.org/pdf/2002.0025v1.pdf> (дата обращения: 01.12.2023)
9. *Bimmer F.* Inside the iSurgery operation URL: <https://www.reuters.com/article/idIN130130161120130820/> (дата обращения: 10.12.2023).
10. *Канавальчик А. Д.* Применение технологий виртуальной реальности в хирургическом образовании = The use of virtual reality in surgical education / А. Д. Канавальчик, А. Н. Довнар, В. Д. Владымыцев // *Компьютерные системы и сети : сборник статей 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 17–21 апреля 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2023. – С. 238–241.*
11. *Siter B.* Soldiers test new IVAS technology capabilities with hands-on exercises // *Soldier Modernisation*. – 2020. – Volume 24. – P.53-54
12. *Dudhee V., Vukovic V.* Superimposing Building Information Models in Augmented Reality // *Proceedings of the 20th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*. Teesside University. – Middlesbrough, UK: Teesside University, 2020 – P. 11-18
13. Trimble. Solutions [сайт]. URL: <https://www.trimble.com/en/solutions/industries/construction> (дата обращения: 10.12.2023).
14. Procore Platform [сайт]. URL: <https://www.procore.com/platform> (дата обращения: 10.12.2023).

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ КАК ЧАСТЬ СОСТОЯНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА И ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

С.В. Федосов¹, В.Н. Федосеев², В.А. Воронов³

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

^{2,3}Ивановский государственный политехнический университет (ИВГПУ); г. Иваново,

¹*fedosovsv@mgsu.ru*

²*4932421318@mail.ru*

³*amenamiiii@gmail.com*

Аннотация

В рамках государственной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» в строительной отрасли началось активное внедрение технологий информационного моделирования. Создание и управление информационной моделью осуществляться в рамках четкого, последовательно плана, который называется жизненный цикл объекта строительства.

Одним из приоритетных направлений для исследований является «энергоэффективность и энергосбережение». Вполне обоснованным решением стало бы внедрение учета энергоэффективности возводимых объектов посредством технологий информационного моделирование. Что можно реализовать доработкой отечественных систем автоматизировано-программного проектирования и концепции жизненного цикла объекта строительства.

Ярким примером необходимости такой интеграции являются воздушные теплообменные-теплонасосные системы. Эти устройства взаимосвязаны с системой вентиляции и фактически формируют условия комфортности микроклимата внутри помещений. Эффективность применения данного устройства может заметно повысится при реализации при помощи технологий информационного моделирования. В свою очередь внедрение в жизненный цикл объектов строительства в этапах разработки энергосберегающих решений позволит снизить энергопотребление на 50-60%. Стоит заметить, что использование конкретно теплообменно-теплонасосных систем позволит значительно поднять эффект объекта строительства на экологическую ситуацию, а также обеспечит комфортные условия микроклимата внутри помещений.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время достаточно активно стал применяться термин «жизненный цикл» в отношении объектов строительства. Связано это прежде всего с активной цифровизацией в строительной сфере и внедрением технологий информационного моделирования (ТИМ). [1-7]

Принято считать, что первый взгляд на структуру жизненного цикла объекта строительства был сформирован командой исследователей из Англии. В 1963 году исследователи из Королевского британского университет британских архитекторов (RIBA) предложили свое видение жизненного цикла объекта строительства. Формально документ называется «Plan of Work» (Рабочий план) и представляет собой последовательную технологию производства строительных объектов. В последствии «Рабочий план» не однократно дорабатывался и совершенствовался. Последняя официальная версия плана была выпущена в 2013 году. На рис. 1 приводится изображение структуры жизненного цикла объектов строительства согласно «Рабочему плану» RIBA [8].



Рис. 1. Структура жизненного цикла объекта строительства согласно рабочему плану RIBA.

Концепция предложенная RIBA предлагает технологию по управлению и контролю за процессом создания объектов строительства. Рабочий план RIBA делится на несколько основных этапов: 0 – стратегические решения, 1 – подготовка, 2 – концепт проекта, 3 – разработка проектной документации, 4 – разработка рабочей документации, 5 – строительство, 6 – приемка строительного объекта, 7 – эксплуатация. В след за RIBA разработкой и усовершенствование жизненного цикла объектов строительства стали заниматься организации по всему миру. В число которых, например, вошло ASHRAE – сообщество инженеров, специализирующееся на разработке и доработке нормативной документации. На текущий момент существуют и отечественное представление этапности жизненного цикла объектов строительства. Видение жизненного цикла со стороны Минстроя РФ представлено на рисунке 2[9].

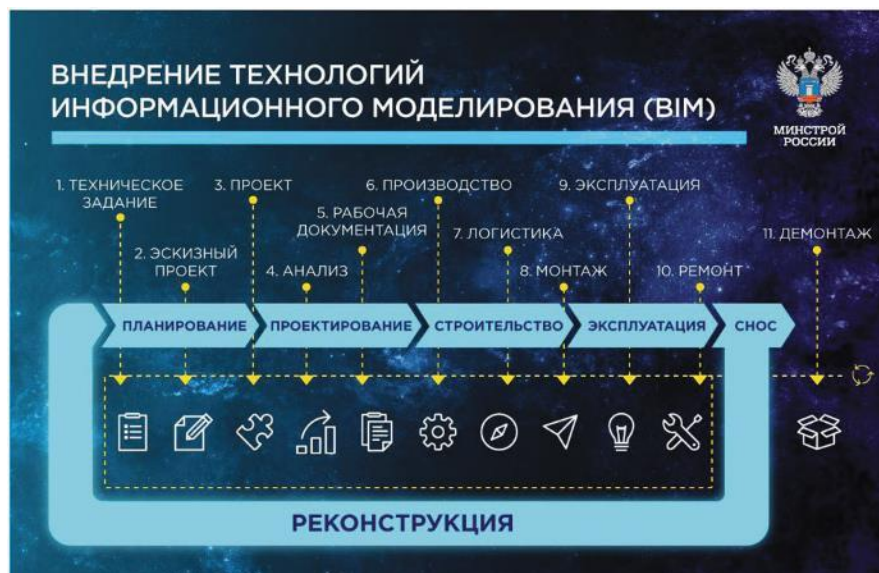


Рис. 2. Жизненный цикл объекта строительства согласно видению Минстроя РФ.

Жизненный цикл Минстроя РФ однозначно на порядок ближе отображает реальную ситуацию в строительстве по сравнению с вариантом от RIBA. Выражено это в декомпозиции этапа строительства и эксплуатации, а также в предусмотренном этапе демонтажных работ. [10-12]

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Логичным и рационально оправданным в отношении совершенствования видения модели жизненного цикла объекта строительства может стать его дополнении этапом разработки энергосберегающих решений – см. рис. 3.

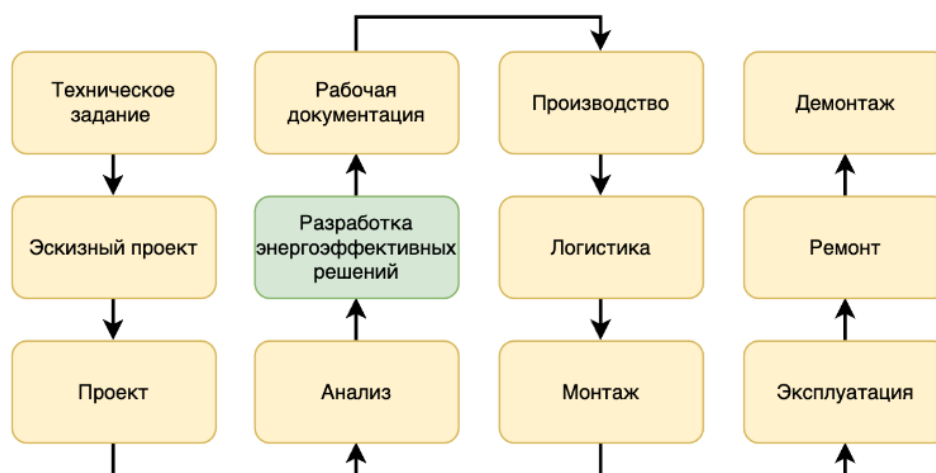


Рис. 3. Жизненный цикл объекта строительства с учетом разработки энергоэффективных решений.

Реализовать интеграцию энергоэффективных решений возможно при помощи ТИМ. Достаточно заложить в отечественные системы автоматизированного проектирования (САПР) атрибуты для объектов проекта и подготовить необходимые формы выходных документов, в рамках которых будут осуществляться расчеты энергетической эффективности и энергосберегающих решений возводимого объекта строительства, что должно соответствовать классу энергоэффективности принятому Минстроем РФ и как итог формироваться класс энергоэффективности. В таблице 1 приводится перечень классов энергоэффективности зданий.

Табл. 1. Перечень классов энергоэффективности зданий.

№	Обозначение	Описание	Отклонение фактического расхода энергии от базового уровня, %
1	A++	Близкий к нулевому	-75 и менее
2	A+	Высочайший	От -60 до -75
3	A	Крайне высокий	От -45 до -60
4	B	Высокий	От -30 до -45
5	C	Повышенный	От -15 до -30
6	D	Нормальный	От 0 до -15
7	E	Пониженный	От 25 до 0
8	F	Низкий	От 50 до 25
9	G	Очень низкий	Более 50

Включение расчетной методики энергоэффективности в ТИМ позволит оценивать степень энергосбережения зданий как на стадии их проектирования, так и отслеживать изменения в рамках этапов строительства и эксплуатации. В случае, например, замены одного строительного материала другим и т.д. Для реализации данного решения понадобится дополнить все существующие цифровые элементы строительных

конструкций, и ограждений, инженерной инфраструктуры и теплообменных устройств дополнительными параметрами энергоэффективности. Подробнее необходимые доработки представлены на рис 4.

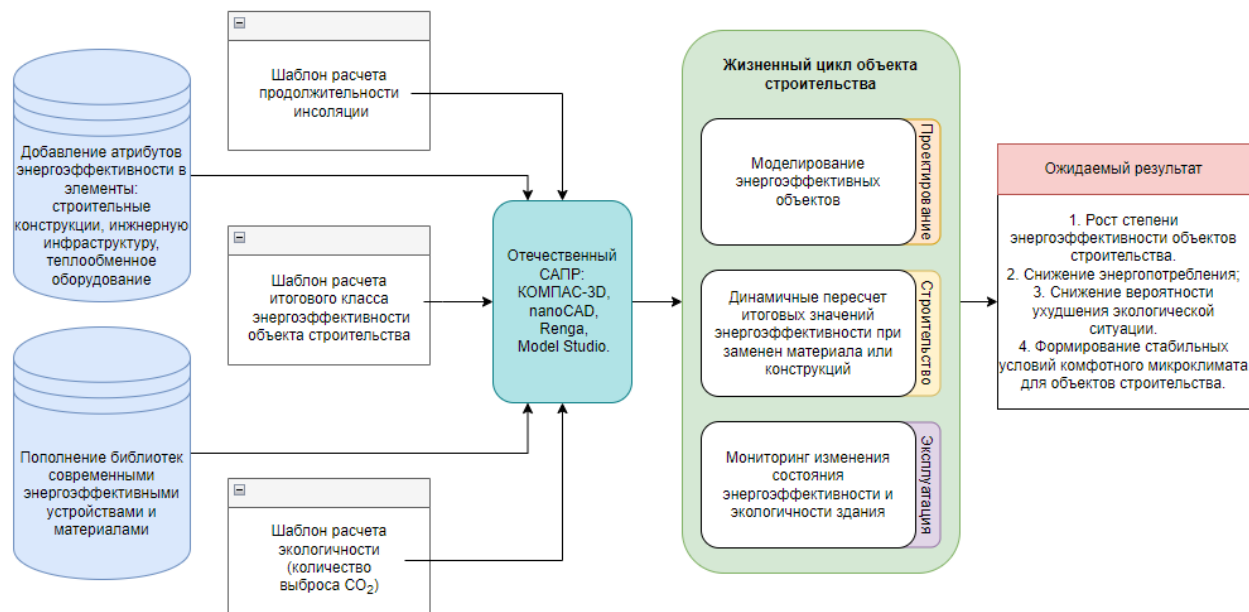


Рис. 4. Развитие результатов ТИМ с целью внедрения решений по энергоэффективности.

Это весьма объемная работа, которая в перспективе поможет экономить значительное количество денежных средств в рамках контроля за энергопотреблением зданий в рамках информационной модели.

В мировой практике уже предпринимались попытки внедрения расчетов энергоэффективности в ТИМ. Например, в Корее был объявлен конкурс моделирования энергоэффективных решений. В частности, оценивалась продолжительность инсоляции, планировка зданий. При анализе использовались экспертные решения (руководства, программы) компании Integrated Environmental Solutions Ltd. При помощи функционала САПР Revit были разработаны таблицы, которые позволили собрать количественные показатели с целью определения уровня выбросов CO₂ и энергоэффективности здания. [13]

Еще одним ярким примером является Норвежское правительство, которое подготовило двухэтапное руководство для приемки информационных моделей. Распространяется руководство только на архитектурно-конструктивные составляющие объекта строительства. Первый этап представляет собой проверку базовой информационной модели здания, основные строительные-архитектурные решения и выбранные материалы. Для прохождения второго шага необходимо предоставить расчеты уровня выбросов CO₂ вместе с детально проработанной информационной моделью. [14]

Существуют и другие прецеденты интеграции расчетов энергоэффективности в среде ТИМ [15-18]. Все эти случаи объединяет единый фактор – инициатива для разработки и интеграции энергоэффективных решений исходила с подачи государственной власти.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Зарубежный опыт внедрения энергосбережения по части теплогенерации в большинстве своём предусматривает использование солнечных коллекторов, отсюда необходимость в расчете продолжительности инсоляции и мониторинге состояния зданий на этапе эксплуатации. При этом более эффективной результативности по части энергосбережения можно было бы достичь, применяя теплонасосные-теплообменные системы – см. рис.5.

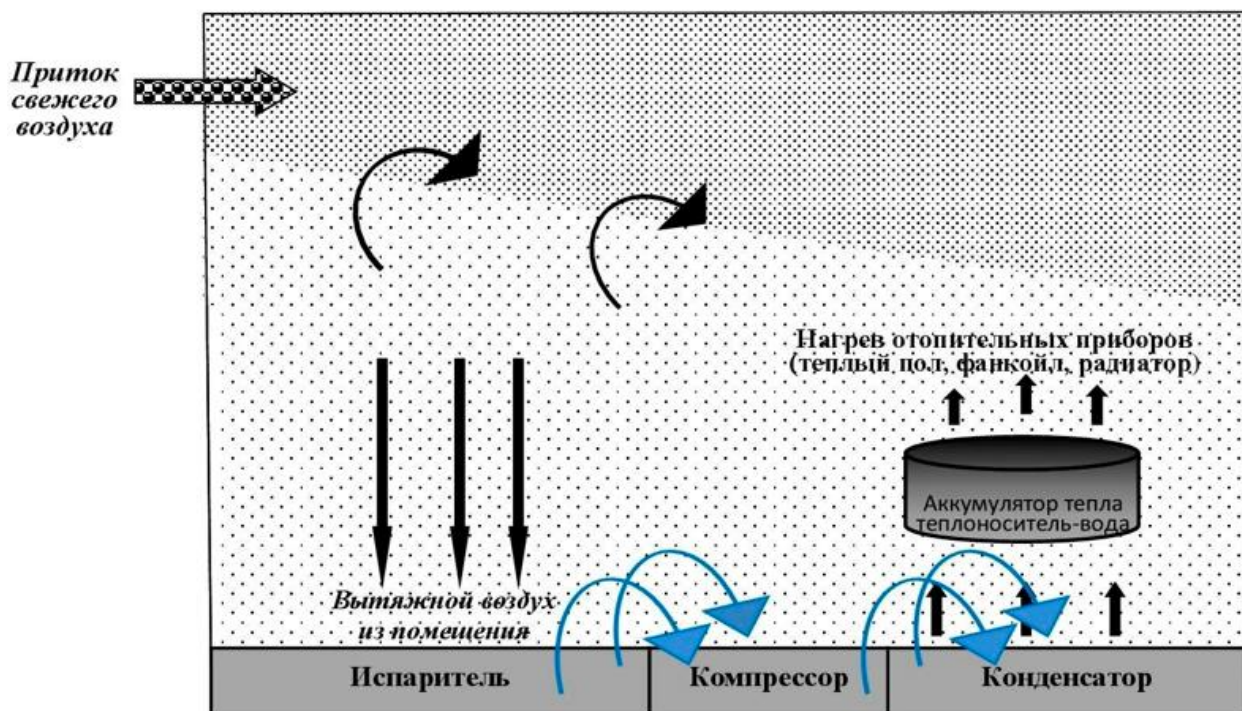


Рис. 5. Воздушная теплообменная система на основе воздушного теплового насоса.

Воздушные теплонасосные системы должны очень плотно взаимодействовать с системой вентиляции объекта строительства, при этом повышая собственную производительность и обеспечивая контроль над приточно-вытяжной системой здания. Результатом воплощения подобного решения может стать значительная экономия денежных средств на этапе эксплуатации объекта строительства, а также стабильно - комфортная среда внутри помещений. Именно поэтому интеграция подобных решений в состав обязательных этапов жизненного цикла весьма важна для будущего строительной отрасли и информационного моделирования, в частности. [19]

Системная инженерия играет ключевую роль в интеграции энергосберегающих мер и технологий во всем жизненном цикле строительных объектов. Она обеспечивает баланс между экономической выгодой, экологической ответственностью и созданием комфортных условий для пользователей здания. Можно выделить следующие ключевые принципы:

- снижение себестоимости на всех этапах стоимости жизненного цикла;
- снижение стоимости ресурсов на всех стадиях жизненного цикла;
- сокращение сроков реализации отдельных стадий стоимости жизненного цикла;
- снижение вредных выбросов и повышение безопасности строительных площадок;
- повышение комфортности состояния объектов строительства.

Отообразим основные ключевые факторы эффективного управления жизненным циклом объекта строительства – см. рис.6.



Рис. 6. Ключевые критерии-факторы эффективного управления жизненным циклом объекта строительства.

На рис.6 отображены основные факторы, влияющие на энергоэффективность строений: затраты на энергию, использование ресурсов, продолжительность жизненного цикла, экологическая безопасность и комфортность помещений.

ВЫВОДЫ

На текущий момент идет становление процессов управления и состава структуры жизненного цикла объектов строительства. При этом необходимо в рациональных пределах использовать накопленный мировой опыт и учитывать, что в рамках реального процесса создания объектов строительства в РФ он применим не полностью. Более того в жизненном цикле объектов строительства необходимо учесть современные проблемы: низкую энергосберегающую эффективность и экологичность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lu, Kun & Deng, Xueyuan & Jiang, Xiaoyan & Cheng, Baoquan & Tam, Vivian. (2023). A Review on Life Cycle Cost Analysis of Buildings Based on Building Information Modeling. *Journal of Civil Engineering and Management*. 29. 268–288. 10.3846/jcem.2023.18473.
2. Fnais, Abdulrahman & Rezgui, Yacine & Petri, Ioan & Beach, Thomas & Yeung, Jonathan & Ghoroghi, Ali & Kubicki, Sylvain. (2022). The application of life cycle assessment in buildings: challenges, and directions for future research. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 27. 10.1007/s11367-022-02058-5.
3. Bezpalov, Valery & Goncharenko, Liudmila & Fedyunin, Dmitry & Lochan, Sergey & Avtonomova, Svetlana. (2023). Developing a model of work duration under the influence of risk events in the implementation of life cycle contracts for large energy construction projects. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*. 7. 10.24294/jipd.v7i3.1946.
4. С.В. Федосов, В.Н. Федосеев, И.А. Зайцева, В.А. Воронов Управление жизненным циклом устойчивого состояния объекта строительства / Эксперт: теория и практика. 2023. No 3 (22). С. 131-137. doi:10.51608/26867818_2023_3_131.
5. С.В. Федосов, В.Н. Федосеев, И.А. Зайцева, В.А. Воронов Экспертная оценка анализа энергосберегающих моделей воздушных теплонасосных систем / Эксперт: теория и практика. 2023. No 1 (20). С. 131-137. doi:10.51608/26867818_2023_1_133
6. Теличенко В. И. Строительная наука в формировании среды жизнедеятельности / Academia. Архитектура и строительство. 2017. No 1. С. 98—100.
7. Травуш В. И. Цифровые технологии в строительстве / Academia. Архитектура и строительство. 2018. No 3. С. 107—117.
8. RIBA Plan of Work 2020 Overview.
9. СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла».

10. *Ланидус А.А., Топчий Д.В., Шевченко И.С.* Концепция разработки модели программы по научно-техническому сопровождению жизненного цикла уникальных зданий с большим заглублением / Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. № 3. С. 298-313.
11. *Топчий Д.В.* Организационно-технические решения по обеспечению качества строительно-монтажных работ на различных этапах жизненного цикла объекта строительства / Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. № 2. С. 283-292.
12. *Pin I, Levina A, Frolov K, et al.* (2022). Life-cycle contract as an innovative business model for high-tech medical organizations. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity* 8(4): 207. doi: 10.3390/joitmc8040207.
13. *Kang, L.S.; Kwak, J.M.* Integrated Code Classification System for work Sections in Standard Method of Measurement and Construction Standard Specification. *Korean J. Constr. Eng. Manag.* 2001, 2, 80–91.
14. *Roh, M.S.; Kim, I.S.; Kim, M.K.; Jun, H.J.* Evaluation Environment for Evaluation Criteria of the Green Building Certification Criteria using a BIM-based Template. *Archit. Inst. Korea* 2013, 33, 47–54.
15. *Lee, Sungwoo & Tae, Sungho & Roh, Seungjun & Kim, Taehyung.* (2015). Green Template for Life Cycle Assessment of Buildings Based on Building Information Modeling: Focus on Embodied Environmental Impact. *Sustainability*. 7. 16498-16512. 10.3390/su71215830.
16. Korea Energy Management Corporation. Building Energy Efficiency Rating Certification System Operating Rules; Korea Energy Economics Institute: Seoul, Korea, 2011.
17. *Wang, Jun & Yang, Ke & Xu, Su.* (2023). Construction of Green Design Assessment System Based on Life Cycle Theory. 10.1007/978-3-031-31808-5_11.
18. *Magwood, Chris.* (2023). Build Beyond Zero: New ideas for carbon-smart architecture.
19. *Федосеев В.Н., Емелин В.А., Воронов В.А., Зайцева И.А., Свиридов И.А.* Теплогенератор / Патент на изобретение RU 2719612 С1, 21.04.2020. Заявка № 2019121729 от 09.07.2019.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

М.В. Серeda¹, А.С. Бондарев²

^{1,2}Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова – филиал ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Новочеркасск,

¹sermarvi@yandex.ru

²30ferros30@gmail.com

Аннотация

В статье приводятся данные о существующих современных информационных технологиях в строительной отрасли. Рассматриваются информационные технологии компьютерного моделирования, которые применяются во всех сферах деятельности и отраслях, включая цифровизацию в строительстве. Представлен анализ влияние на качество и скорость выполнения строительных работ, а так же эффективности применения данных технологий.

ВВЕДЕНИЕ

Строительство представляет собой отдельную самостоятельную отрасль экономики, которая предназначена для ввода в действие новых, а также расширения, реконструкции и ремонта объектов производственного и непромышленного назначения.

Определяющая роль отрасли строительства заключается в создании условий динамичного развития экономики страны. Как отрасль материального производства, строительство имеет ряд характеристик, отличающих его от других отраслей. Особенности отрасли объясняются характером его конечной продукции, специфическими условиями труда, рядом специфик применяемой техники, технологии, организации производства, управления и материально-технического обеспечения [1].

Строительную отрасль принято считать консервативной: здесь много ручного труда, бумажной волокиты, высокие технологии внедряются медленно, а зачастую и нехотя. Ещё в 2016 году аналитики McKinsey в своём отчете написали, что будущее отрасли — это цифровизация, а сейчас ИТ-технологии экономят строительным компаниям деньги, улучшают безопасность труда и выводят на новый уровень работу с заказчиками.

В ближайшее время строители массово начнут применять BIM-модели — это требование государства для тех, кто хочет работать с госзаказом. Ещё многие компании покупают 3D-принтеры по бетону, чтобы быть первыми в печати строительных конструкций. Другие уже сейчас используют дроны для осмотра стройплощадок и высотных объектов [2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методологическую основу исследования составили следующие методы: абстрактно-логический, сравнения и обобщения, анализа и синтеза.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На данный момент существует 8 цифровых технологий которые будут актуальны для отрасли ближайшие три года, это BIM-моделирование, высокотехнологичная топосъёмка для строительства и георазведка, 3D-печать, интернет вещей и умные датчики, роботы и дроны, искусственный интеллект, виртуальная и дополненная реальность, а так же блокчейн.

BIM-моделирование - это цифровая модель здания, которая содержит характеристики всех элементов, от несущих стен и кровли до шаровых кранов в теплоузле. В BIM-модели можно посмотреть материалы, цены, графики производства работ, при этом модель одновременно доступна всем участникам строительства [3].

После завершения стройки модель передают эксплуатанту, и он даже спустя много лет может понять, какие технические решения использованы. А еще заранее будет знать, у какого оборудования истекает срок эксплуатации и сможет спланировать ремонт или замену.

С помощью BIM застройщики могут точно контролировать расходы, видеть в реальном времени отчеты по закупкам и использованию материалов. BIM-модель позволяет быстро построить график производства работ, за секунду узнать планируемый срок готовности любого элемента здания. В связке с электронным документооборотом и электронными цифровыми подписями BIM-модель резко сокращает объем «живого» контроля на стройплощадке, в том числе со стороны государства.

Высокотехнологичная топосъемка для строительства и георазведка. Чтобы выбрать строительную площадку и исследовать почву, сейчас уже не надо бурить, брать пробы и приглашать специалистов-смежников. Аэромониторинг дешевле и быстрее традиционной геодезии: беспилотник, даже с условием регулярных посадок для смены аккумуляторов, сможет облететь 40–50 гектаров за сутки [4].

Современные георадары позволяют неразрушающими методами выяснить состав почвы, а значит, понять места и глубину забивки свай или сделать верный расчет бетонной плиты.

Технология фотограмметрии позволяет по обычным фотографиям и данным лазерных сканеров (лидаров) создать 3D-модель поверхности в мельчайших деталях — и интегрировать её в BIM.

Сюрпризы в области геологии — один из самых «раздражающих» факторов в строительстве, часто это ведёт к перерасходу бюджета и срывам сроков. Хорошо, если проблемы дают о себе знать сразу, но бывает, что они возникают с уже построенным зданием и всерьёз угрожают его безопасности. Современные цифровые технологии в строительстве позволяют на самом раннем этапе, еще до появления первого экскаватора, понять, что под землей, и заложить в проект верные технические решения.

Ещё несколько лет назад 3D-печать пластиковых изделий была новшеством, а сейчас этим уже никого не удивишь. Многие строители не верили, что аналогичным образом можно печатать бетоном и строить целые дома, но это тоже стало реальностью. Технологии 3D-печати активно внедряются в строительство.

Строительный принтер сам готовит смесь из заложенных в него компонентов и слой за слоем строит конструкции, будь то стена или перекрытие. Современные принтеры работают не только в фабричных условиях: их можно установить прямо на стройплощадке.

Процесс возведения здания идет существенно быстрее, так как бетонный раствор может приготавливаться прямо на месте, а принтер превосходит по скорости самую профессиональную бригаду строителей, к тому же он не знает отдыха и умеет работать 24 часа в сутки. Технологии 3D-печати в строительстве полностью автоматизированы, процесс исключает влияние человеческого фактора. Нет шансов, что стена «завалится» или будет промерзнуть из-за того, что где-то в кладке остались поры.

Со временем 3D-печать может изменить представления об архитектуре зданий, поскольку принтеры с легкостью выполняют закругления стен и другие сложные геометрические задачи, придавая объектам непривычные, но красивые и функциональные формы.

Интернет вещей в случае стройки — это подключение всех машин, механизмов, стационарных объектов и даже рабочих (например, с помощью смарт-часов) к единой сети, что позволяет отслеживать всё в реальном времени. К примеру, миксер с датчиком количества раствора и включенный в единую информационную среду, может сам «заказывать» бетон на заводе и прогнозировать время прибытия для загрузки.

Датчики времени работы двигателей позволяют высчитывать фактически и прогнозировать будущий расход топлива у спецмашин, находить простои и отклонения от графика.

Интернет вещей необходим, чтобы собрать воедино разрозненные данные: например, сейчас даже контроль за расходом топлива часто ведется на бумаге, а количество солянки в баках проверяют специальные люди. Это не самое эффективное решение, и многочисленные случаи воровства топлива это подтверждают. Кроме того, интернет вещей дает большой объем новых данных, которые раньше никто не собирал: так, если рабочие будут носить смарт-часы, станет понятно, где они находятся каждую минуту времени, как часто перемещаются и куда, сколько стоят на месте.

Согласно исследованию McKinsey, наибольший потенциал интернета вещей заключается именно в оптимизации рутинных операций и повседневного управления активами.

Строительные роботы — это механизмы с удаленным управлением или искусственным интеллектом: в первом случае человек управляет на расстоянии, во втором робот умеет сам, без вмешательства человека, принимать решения.

Дроны в строительстве — это беспилотные летательные аппараты, разновидность роботов. В основном дроны служат для обследования и наблюдения: выполнять с их помощью какие-либо работы пока технологически сложно.

Роботы решают, пожалуй, самую важную проблему строительного сектора — нехватки рабочей силы. Роботизированный труд отлично подходит для задач, которые не требуют высокой квалификации: например, копки траншей, забивки свай, демонтажных работ. Также роботы существенно повышают безопасность стройки, причем это не сказывается на скорости производства работ: роботы могут работать почти 24 часа в сутки [5].

Искусственный интеллект — это алгоритмы, которые могут имитировать мышление человека, то есть, например, анализировать данные и принимать решения. В частности ИИ может быть начинкой роботов: такой строительный робот не ждет команды от человека на каждое движение, а сам понимает, где копать, и насколько продвинуться, чтобы не упасть в траншею.

Более глубокие варианты использования ИИ включают в себя машинное обучение и предиктивную аналитику, то есть возможность алгоритмов учиться и предсказывать ситуации.

Применение искусственного интеллекта в строительстве предполагает, что ИИ может на основе прошлых данных и данных от датчиков, которые работают в реальном времени, предсказывать угрозы безопасности. Так, зная, что в помещении неделю работают сварщики и, заметив аномальное увеличение температуры воздуха, алгоритм с ИИ предупредит о пожаре и может сам вызвать пожарных [6].

Технологии машинного зрения с элементами ИИ позволяют распознавать транспорт и людей на стройке, контролировать периметр, количество рабочих, порядок на стройплощадке.

По данным компании UK Connect, ведущего поставщика коммуникационных решений для строительной отрасли в Англии, хороший экономический эффект от применения ИИ можно получить в проектном менеджменте и финансовом планировании. Алгоритмы ИИ могут анализировать сметы любого объема, сопоставлять цены, отслеживать их изменения, прогнозировать стоимость материалов, следить за соблюдением сроков и выявлять странности, за которыми могут скрываться злоупотребления.

Виртуальная реальность (VR) — это полностью цифровой мир, как, например, компьютерная игра. В VR можно воссоздать готовое здание, строительную площадку или кабину экскаватора. Дополненная реальность (AR) — это модель, где реальность и цифровой мир смешиваются: например, при помощи специальных алгоритмов на компьютере дорисовываются еще не построенные этажи здания вместе с помещениями.

Пользователи могут использовать VR- и AR-решения как при помощи обычных компьютеров и телефонов, так и при помощи специальных очков — тогда глубина погружения будет выше, а ощущения яснее и интереснее.

Технологии VR/AR отлично подходят для решения маркетинговых задач в строительстве. Можно демонстрировать заказчикам готовую виртуальную модель здания или продавать квартиры в жилом комплексе при помощи виртуальных туров. При этом жилой комплекс еще может строиться.

Исходниками для VR-туров служат архитектурные проекты, которые пропускают через игровые движки Unity или UnrealEngine. С этой точки зрения VR-тур по новостройке представляет из себя точно такую же игру, как DOOM или Half-Life.

Ещё одна важная сфера применения VR/AR — обучение сотрудников. VR/AR также решают и чисто строительные задачи: позволяет смоделировать пересечения коммуникаций или, например, проверить корректность расположения оборудования в котельной.

Блокчейн. Еще недавно слово «блокчейн» выглядело пугающим, а эта технология ассоциировалась с криптовалютными операциями, которые вызывали много споров. Сейчас блокчейн стал стандартным решением для обеспечения сохранности данных и проверки их корректности. Например, в Пензенском госуниверситете выдают цифровые дипломы с использованием блокчейна.

Технологии блокчейн в строительстве — это еще и основа для так называемых смарт-контрактов, то есть схем финансирования и бизнес-процессов, которые публикуются онлайн. Смарт-контракты описывают логику движения денег и работают как бы сами по себе: когда подрядчик закончил часть работы, а заказчик подписали акты, смарт-контракт сам проводит оплату [7].

Смарт-контракты на основе блокчейна снижают количество посредников: если заранее известна процедура движения средств и все причинно-следственные связи, не нужны проектные управляющие. По мнению Forbes, блокчейн может стать основой для возрождения в новом виде жилищно-строительных кооперативов: на квартиры будут выдаваться токены, аналог жилищных сертификатов, учет которых будет вести не Росреестр, а блокчейн. Через смарт-контракты покупатели токенов смогут сами контролировать процесс строительства.

ВЫВОДЫ

В ближайшие годы строительная отрасль может кардинально изменить свой облик благодаря внедрению IT-технологий. Строительство станет более прозрачным и понятным для всех, а значит, преимущество получат те компании, которые уже сейчас думают над своей эффективностью, снижают издержки и развивают клиентскую работу.

Цифровые технологии в строительстве способны увеличить производительность труда, повысить безопасность на стройплощадке, обеспечить «протяжку» любых мелочей по всему строительному процессу от проектирования до эксплуатации объекта. Возможно, сейчас некоторые технологии кажутся фантастикой или бесполезными мечтами, но крупные застройщики уже поняли перспективы: они усиливают IT-отделы, учат сотрудников новым цифровым специальностям. В ближайшие годы строительная отрасль помимо традиционной нехватки рабочих рук столкнется с нехваткой IT-специалистов. Уже сейчас компании бьются за BIM-проектировщиков, а зарплаты этих специалистов растут. Преимущество будет у тех компаний, кто уже почувствовал эту ситуацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Карпова, Н. В.* Влияние экономической ситуации на строительную отрасль / Н. В. Карпова // Экономическая безопасность агропромышленного комплекса: проблемы и направления обеспечения : Сборник научных трудов II национальной научно-практической конференции, Киров, 02 марта 2022 года. – Киров: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Вятский государственный агротехнологический университет, 2022. – С. 125-127.

2. *Карякина, И. Е. Потапкина, Е. К.* Анализ современного состояния строительной отрасли РФ, проблемы и перспективы ее развития // Экономика и бизнес: теория и практика. 2019. №5-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sovremennogo-sostoyaniya-stroitelnoy-otrasli-rf-problemy-i-perspektivy-ee-razvitiya> Дата обращения: 22.11.2023.
3. *Карпова, Н. В.* Современные технологии строительства / Н. В. Карпова // Роль науки и технологий в обеспечении устойчивого развития АПК : сборник научных трудов по итогам IX Международной научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки РФ и КБР, профессора Б.Х. Жерукова, Нальчик, 25–27 ноября 2021 года. – Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова", 2021. – С. 266-269.
4. *Оборин, М.С.* Инновации как фактор развития строительства // Экономика строительства и природопользования. 2020. №1 (74). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsii-kak-faktor-razvitiya-stroitelstva> Дата обращения: 01.12.2023
5. *Середа, М. В.* Перспективные направления цифровизации строительной отрасли / М. В. Середа, Д. А. Степанов, Э. Н. Степанова // Мелиорация и водное хозяйство : Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Шумаковские чтения), посвящённой 120-летию со дня рождения учёного в области гидравлики Скибы Михаила Матвеевича, Новочеркасск, 01–03 ноября 2022 года / Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова. Том Выпуск 20. – Новочеркасск: Лик, 2022. – С. 381-385.
6. *Тускаева З.Р., Кащеев И.А.* Информационные технологии в строительстве // Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. 2016. №31. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-tehnologii-v-stroitelstve-1> Дата обращения: 04.12.2023.
7. *Финогеев А. Г., Васин С.М., Гамидуллаева Л. А., Финогеев А. А.* Технология смарт контрактов на основе блокчейн для минимизации транзакционных издержек в региональных инновационных системах // Вопросы безопасности. 2018. №3. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-smart-kontraktov-na-osnove-blokcheyn-dlya-minimizatsii-transaktsionnyh-izderzhek-v-regionalnyh-innovatsionnyh-sistemah> Дата обращения: 08.12.2023.

ИННОВАЦИОННЫЙ ГОРОД – АРКАДАГ

Р.Б. Гуванджов¹, А.Ш. Шохрадова², Я. Мыратбердиев³

^{1,3}Туркменский государственный архитектурно-строительный институт,

²Международный университет гуманитарных наук и развития,

¹resulguwanjow72@gmail.com

³shohradovaainura@gmail.com

³Myratberdiyewyagmyr@sanly.tm

Аннотация

Новый город, для счастливого поколения эпохи будет всесторонне развиваться, совершенствоваться во всех отраслях. Люди будут жить в новых домах повышенной комфортности, отвечающих международным стандартам. В рамках осуществляемой деятельности по градостроительству в новом городе особое значение придается цифровой системе.

ВВЕДЕНИЕ

Создание «умного» города и реализация этого амбициозного проекта позволит «городу Аркадагу» стать ведущей моделью в деле инновационно-поступательного увеличения количества «умных» городов в Туркменистане. Архитектурные премьеры и открытия новых значимых объектов в жизни страны стало доброй традицией, красноречиво свидетельствующей о крепнущей экономической мощи Отчизны, её социальном прогрессе, что отражается и в масштабе развёрнутого во всех уголках страны строительства. Создание комфортной городской среды – забота о повышении уровня жизни населения. «Умный» город - это объединенная площадка информационных и коммуникационных технологий, управляемая искусственным интеллектом, устройствами и системами их взаимодействия через специальное приложение [1].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

По постановлению президента Туркменистана о строительстве нового умного города, официально был заложен 10 апреля 2019 года (рис. 1). Часть первой очереди строительства нового города находилась в продвинутой степени готовности. 20 декабря 2022 года.



Рис. 1. Проект строительства города Аркадаг

Аркадаг - город, расположенный в пригороде Ашхабада, находится в стадии активного строительства. Проектная численность населения составляет 64086 чел. Первая очередь строительства города имеет площадь 1002 га, всего в состав территории, административно подчинённой города Аркадаг, включено 2370 га. Город Аркадаг будет первым в стране городом, имеющим статус «умного», экологически чистого города. Имеющая особое значение для всех туркменистанцев благая весть дополнила радостные события. Первая очередь строительства завершилась. Жители Туркменистана с огромной радостью восприняли весть о завершении первого этапа строительства нового инновационного города.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Это первый инфраструктурный проект по созданию «умного» города в Туркменистане. Его реализация началась в апреле 2019 года. Необходимо отметить, что тематика цифрового обеспечения «умных» городов будет углублённо обсуждаться на туркмено-российском бизнес-форуме. Город Аркадаг – это плод неустанного созидательного труда Героя Аркадага в капитальном строительстве на благо страны [2-4].

В целях обеспечения в городе безопасности вокруг жилых домов, учреждений, на улицах и дорогах будут установлены «умные» системы видеонаблюдения, современные светофоры и другие дорожные знаки, обеспечивающие слаженное движение автомобилей, системы учета расхода питьевой воды и природного газа. Изучены электробусы, электромобили мира, технические характеристики этих транспортных средств и их предварительно необходимое число единиц. Удобства и преимущества нового центра служат весомым поводом для становления Аркадага одним из красивейших городов мира [4-6].

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА В ГОРОДЕ АРКАДАГ



Рис. 2. Система управления электронного документооборота

В этом современном городе люди будут жить в новых домах повышенной комфортности, отвечающих международным стандартам (рис. 2). Особенности архитектурной инфраструктуры нового «умного» города безмерно радуют и вызывают чувство гордости у наших жителей. Как и возведение комплексов зданий административного центре городе, под усиленным вниманием ведется и благоустройство его окрестностей [6,7].

Согласно плану строительства первой очереди города Аркадаг, посадки садовой рассады на площади около 288 га. Это будет способствовать становлению данной

местности еще краше, а ее экологии – чище, чем когда-либо прежде. По проекту, в домах установлено специализированное оборудование для оплаты за электричество, водоснабжение и другие услуги посредством цифровой системы связи. В целях бесперебойной работы системы, внешних коммуникаций в общей сложности проложено около 107 километров оптико-волоконной линии связи. Жители и сотрудники организаций будут пользоваться современной телефонной связью, высокотехнологичными коммуникациями GPON и IP — телевидением. Также везде будет доступен сотовый оператор Altyn Asyg на основе мобильных решений 3G и 4G.

В таких домах, с помощью цифровых систем контролируется целостность периметра (двери и окна), обеспечивается видеонаблюдение за прилегающей территорией. Они могут быть оборудованы датчиками протечки, проникновения, движения, присутствия, открытия двери.

Кроме того, в первом «умном» городе в стране организовано движение экологически чистого транспорта – электробусов и электромобилей, технологически объединены в единый функционал традиционные коммуникационные технологии и интернет услуг, предназначенный для управления городским хозяйством и сервисными службами.

В городскую инфраструктуру войдут и социальные комплексы. Это детские сады, современные школы, специализированные учебные заведения, учреждения сферы услуг здравоохранения, культуры, торговли и спортивные сооружения. Своеобразным национальным колоритом исполнены административные здания, транспортно-коммуникационные и инженерно-технические системы. Все объекты социального и административного значения аналогично оснащены новейшими технологиями и цифровым управлением.

Реализация этого амбициозного проекта позволит городу Аркадагу стать ведущей моделью в деле инновационно-поступательного увеличения количества «умных» городов в Туркменистане (рис. 3).



Рис. 3. Первый этап строительства города Аркадаг

Представителями технической миссии ООН и ее подразделений для посещения, обзора и оценки развития нового административного центра Ахалского велаята города Аркадаг, была выражена убежденность, что визит был результативным и члены технической миссии смогли ознакомиться с городом основанном на концепции "умный город", базирующейся на интеграции передовых информационно-коммуникационных

технологий, посредством которых создается единая экосистема, обеспечивающая управление городом. Представители технической миссии ООН, дали высокую оценку городу Аркадаг и отметили, что возведенные объекты в этом современном городе соответствуют передовым стандартам и нынешним реалиям, а именно с точки зрения экологичности, безопасности и технологичности.

По итогам встречи стороны договорились о предоставлении элементов дорожной карты для реализации рекомендаций, сделанных в ходе технической миссии.

ВЫВОДЫ

В ходе миссии эксперты провели ряд встреч с коллегами из системы ООН и соответствующими должностными лицами национального правительства и столичных властей. Они посетили объекты города Аркадаг и провели встречи с представителями местных органов власти, чтобы детально ознакомиться с процессом, методологией строительства и механизмами, обеспечивающими инновации для экологического, экономически жизнеспособного, устойчивого к стихийным бедствиям и устойчивого городского развития. В результате экспертной оценки было рекомендовано предпринять усилия для локализации Новой программы развития городов и Целей устойчивого развития в новом городе Аркадаг в качестве потенциальной передовой практики, которой можно будет поделиться как на региональном, так и на глобальном уровне. Подход Туркменистана к «умному», углеродно-нейтральному и устойчивому развитию городов выделяется своей активной направленностью и ориентированностью на человека, тем самым способствуя повышению качества жизни для всех при сохранении окружающей среды. Эксперты ООН высоко оценили усилия в развитии устойчивого, «умного» города с использованием современных цифровых технологий и всех аспектов Четвертой промышленной революции для инфраструктурного, экологического и экономического развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. “Garaşsyzlyk bagtymyz” // A. Türkmen döwlet neşirýat gullugy. 2021. -418 s.
2. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. “Ak şäherim Aşgabat” // A., Türkmen döwlet neşirýat gullugy. 2021.-341 s.
3. *Мередов М.* “Binagärlik taslamasynyň gurnalşy we dolandyrylyşy” // A., Türkmen döwlet neşirýat gullugy. 2022.-328 s.
4. *Попов Е. В., Семячков К. А., Беднягина Н. А., Попова С. Ф., Поспелова А. В.* Типология проектов формирования умных городов // Муниципалитет: экономика и управление. 2020. № 1 (30). С. 65-82.
5. *Акимова О. Е., Волков С. К., Кузлаева И. М.* Концепция «умный устойчивый город»: система показателей для оценки уровня региональной устойчивости и адаптивности регионального развития // Реги-онал. экономика: теория и практика. 2020. Т. 18. Вып. 12. С. 2354-2390. DOI:10.24891/re.18.12.2354.
6. *Попов Е. В., Семячков К. А.* Оптимизация процессов цифровизации городской среды // Проблемы развития территории. 2019. № 5 (103). С. 53-63. DOI: 10.15838/ptd.2019.5.103.3.
7. *Журавлева И. А.* «Умные города»: ожидания и страхи горожан // Социология. 2019. № 1. С.124-129.

ВОЗМОЖНОСТИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

А.Д. Кужепикшева

*ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», 625000, Уральский федеральный округ, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38,
kuzhik.anna@yandex.ru*

Аннотация

Исследование посвящено применению технологий виртуальной реальности (VR) в строительной отрасли с целью выявления возможностей для оптимизации строительных процессов на этапе проектирования и согласования проектов. В статье рассмотрены популярные способы использования и внедрения технологии виртуальной реальности в рабочий процесс, а также обзор программного обеспечения для указанных вариантов применения. Методология исследования включает анализ существующих параметров применения VR, оценку эффективности и определение возможных улучшений.

Целью работы является изучение потенциала применения VR-технологий для оптимизации рабочего процесса. Методы исследования включают анализ статистических данных и обзор современных исследований в области применения VR. Результаты исследования предоставляют вариации для внедрения технологии виртуальной реальности в производственный процесс, а также перечень программного обеспечения для реализации представленных способов.

Ключевые слова: VR(Virtual reality), технологии, виртуальная реальность.

ВВЕДЕНИЕ

На данный момент большая часть строительных компаний и застройщиков перешла на BIM-проектирование для автоматизации процессов. Сама по себе BIM-модель здания или сооружения уже является виртуальной моделью, содержащей все данные о проекте, что позволяет значительно уменьшить количество ошибок на этапе проектирования и предоставить наглядное отображение будущего объекта строительства. Однако она не решает проблемы коммуникации проектировщика с заказчиком, что увеличивает сроки согласования проекта, так как возникающие вопросы приходится решать посредством длительной деловой переписки, созвонов и совещаний. Также BIM-модель может быть не информативна для потенциальных инвесторов или покупателей, не владеющих знаниями в области проектирования. Поэтому крупные компании уже начали интегрировать возможности виртуальности реальности в BIM-моделирование.

VR (Virtual reality) – это виртуальная реальность, искусственно созданный технический мир, передаваемый человеку через различные органы осязания, такие как зрение, слух. Данная технология позволяет имитировать реальность или же создавать новую экосистему и воздействовать на объекты этой реальности по заданным параметрам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В современном мире виртуальная реальность уже давно вышла за пределы игровой среды и активно вошла во многие сферы деятельности. В отличие от компьютерного проектирования в виртуальной реальности можно увидеть здание в оригинальном масштабе с ощущением полного присутствия, проанализировать на месте ошибки и недочёты, продумать дизайн интерьера и экстерьера. Несмотря на то, что виртуальная среда – полностью погружает человека в мир 4D, отсекая его от реальности – данная технология успешно прижилась в области проектирования, дизайна и архитектуры за счет широкого перечня возможностей:

1. Создание точных и детализированных моделей.

VR позволяет детально рассмотреть построенную модель во всех плоскостях, отобразить нужные узлы и сечения, что облегчает понимание конструктивных особенностей, а также предотвращает возникновение ошибок, которые могут повлечь за собой необратимые последствия.

2. Моделирование и анализ конструкции под воздействием различных факторов.

Данная функция позволяет спрогнозировать изменения конструкции под действием смоделированных нагрузок - природных или технологических.

3. Интерактивная визуализация будущего объекта строительства.

Позволяет заказчикам не только увидеть конечную версию проекта на этапе проектирования, но и «походить» как снаружи, так и внутри объекта, увидеть конструктивные особенности здания, инженерные коммуникации и дизайн-проект.

4. Виртуальный обход объекта.

Виртуальная реальность позволяет проектировщикам, архитекторам и дизайнерам, находящимся в разных уголках мира, встретиться в виртуальном мире на проектируемом объекте, внести изменения в проект, оставить свои замечания в текстовом или голосовом формате, что позволяет улучшить коммуникацию между всеми звеньями, задействованными в проектировании объекта. Данная функция может значительно облегчить решение возникающих проблем и упростить период согласования каких-либо решений, а также снизить затраты на присутствие специалистов непосредственно на объекте. Что в свою очередь позволяет работать со специалистами из любого уголка мира.

5. Обучение сотрудников.

Это еще одна не менее важная и интересная функция позволяющая предоставить возможность наглядного обучения сотрудников – как проектировщиков, так и строителей без реального риска на строительной площадке. Например, проверить знания строителей в период проведения высотных работ – данные симуляторы позволяют оценить знания техники безопасности и действий в непредвиденных ситуациях.

В настоящее время уже существует достаточно большой перечень российского программного обеспечения, который позволяет взаимодействовать с миром виртуальной реальности:

- BIM Forge VR - Среда визуализации совместной работы с BIM.

Позволяет специалистам эффективно общаться удаленно, как если бы они находились непосредственно на готовом объекте. Специалисты могут обсуждать, измерять, модифицировать любую часть модели как в реальном времени, так и асинхронно. По заявлению разработчика для проведения экскурсий по объекту понадобится только VR-шлем, а для работы специалистов дополнительно требуются контроллеры. [1]

Данное ПО не требует никаких дополнительных приложений, требуется только загрузить BIM-модель, настроить доступ для всех участников и надеть VR-очки. Также имеется возможность оставлять заметки с привязкой к выбранным объектам, создавать сечения для большей наглядности, позволяет делать замеры в два клика с привязками по осям и к вертексам модели, с отображением составных показателей такими как объем и габариты по разным осям. Наличие компьютера не требуется, так как модель заранее выгружается на облако.

- VR Build Manager - многопользовательская платформа для управления проектной деятельностью в виртуальной реальности. [2]

Преимущество данного ПО заключается в возможности выгрузить сразу несколько моделей на одну сцену, подключение до 20 человек одновременно, а также при отсутствии у одного или нескольких сотрудников VR-шлема – возможность подключиться с персонального компьютера. Помимо перечисленных параметров, программа также способна проверить объект на коллизии, построить календарно-сетевой график и составить отчет.

Также платформ предоставляет два варианта подключения – режим организатора и режим участника, первый – полностью контролирует конференцию и может вносить

изменения в проект, тогда как участники помимо просмотра модели могут лишь оставлять комментарии.

- VR Concept

Решение, которое позволяет коллективно работать с инженерными данными в BIM-форматах в виртуальной реальности. [3]

Клиент может самостоятельно загрузить в виртуальное пространство свою BIM-модель здания, а также лазерное сканирование, фотограмметрию или любые другие 3D-данные. Программа помогает оценить эргономические характеристики проекта, элементов инфраструктуры, проверить коллизии и пересечения, что позволяет использовать ее на всех этапах жизненного цикла объекта. Данное ПО было успешно внедрено в ПАО «Газпром Нефть», ВИШ МИФИ, БГТУ им.В.Г.Шухова. К минусам можно отнести возможность подключения только из 4 геолокаций одновременно.

- TechViz

Работает с сотнями приложений, и применяется в самых разных областях – при проектировании сложных изделий и зданий, в симуляции сложных процессов, в науке и исследованиях, в газовой и нефтяной промышленности, а также во многих других сферах экономики. [4]

Отсутствие преобразований при загрузке моделей позволяет формировать VR сцену TechViz со скоростью запуска обычного 3D САПР, т.е. загрузка проекта в VR не занимает лишнее время и не требует специальной подготовки данных. Также данное ПО позволяет пользователю «разбирать» объект в виртуальной среде на составляющие части, в соответствии с конструкторским замыслом (при условии, что загружаемая из 3D САПР модель состоит их нескольких частей). Опцию удобно использовать при моделировании ситуаций ремонта и обслуживания.

- Like VR

Виртуальный проектировщик, благодаря которому пользователь в шлеме виртуальной реальности может пройтись по огромной территории будущей казармы, поменять внутреннюю и внешнюю отделку зданий, просмотреть сценарий проектирования и утверждение проектного плана, а также прослушивать аудио-описания. [5]

Данное ПО не является самостоятельным продуктом – требуется предоставить BIM-модель на основе которой будет разработана виртуальная реальность. Данная особенность позволяет единоразово заказать проект, а не оплачивать годовую подписку, что может быть решающим фактором при выборе ПО для использования VR в небольших компаниях. Также можно заказать разработку симуляторов для обучения персонала.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Успех создания среды VR заключается не в том, является ли созданный мир достаточно реальным, чтобы зрители могли приостановить свое недоверие и создать ощущение пребывания там в течении определенного периода времени.[6]

Исходя из вышеперечисленного можно сделать вывод о простоте взаимодействия VR-технологий и BIM-модели, а также выделить ряд преимуществ использования виртуальной реальности в строительной отрасли:

1. Высокое качество проектирования посредством полной визуализацией будущего здания;
2. Работа с интерактивными виртуальными макетами зданий, городов, районов и детальная проработка архитектуры и дизайна;
3. Прогнозирование дальнейшей эксплуатации объекта до начала строительства;
4. Понятный и удобный интерфейс, даже для начинающего пользователя;
5. Возможность добавлять аудиовизуальные детали.
6. Решение вопросов на всех стадиях жизненного цикла проекта в режиме реального времени;

7. Облегчение предоставления объекта заказчику;
8. Возможность обучения сотрудников без реальных рисков на строительной площадке при помощи симуляторов;
9. Улучшенный маркетинг и продажи. Показывая потенциальным клиентам виртуальные туры по объекту или использование виртуального гида, можно лучше продемонстрировать преимущества и особенности проекта, что увеличит вероятность его продажи.

Хотя виртуальная реальность (VR) предлагает ряд неоспоримых преимуществ для строительной отрасли, она также имеет некоторые недостатки, которые следует учитывать, например:

1. Высокий уровень инвестиций для интеграции. Внедрение VR-технологий может потребовать значительных финансовых вложений для приобретения оборудования и разработки специального программного обеспечения, что может быть недоступно небольшим строительным компаниям или новым предприятиям.
2. Несмотря на простоту использования ПО, VR-технологии требуют от сотрудников определенного уровня технической грамотности и навыков работы с виртуальными средами, что может занять время и ресурсы на обучение.
3. Ограничения технической возможности отображения элементов. Некоторые VR-системы могут иметь ограничения в разрешении и качестве изображения, что может влиять на точность визуализаций и их полезность для проекта.
4. Ограниченная точность. Несмотря на то, что виртуальная реальность позволяет создавать точные модели зданий и строительных площадок, они все еще не могут полностью заменить реальные строительные процессы.
5. Проблемы с интеграцией. Часто бывает сложно интегрировать VR с существующими строительными процессами и системами, такими как CAD-программы или системы управления проектами.
6. Технические проблемы. Виртуальная реальность может столкнуться с техническими проблемами, такими как проблемы с соединением, лаги и сбои в работе программного обеспечения, что может негативно повлиять на рабочий процесс.
7. Невозможность физически испытать строительные материалы и конструкции. В виртуальной реальности сложно полностью оценить физические свойства материалов и конструкций, такие как прочность, теплоизоляция и звукоизоляция.

ВЫВОДЫ

Использование VR (виртуальной реальности) технологий в строительстве предоставляет множество преимуществ и расширяет возможности в данной области, что позволяет идентифицировать потенциальные проблемы, исправить их или внести необходимые изменения в дизайн заранее. Таким образом, VR-технологии помогают снизить риски и экономить время и ресурсы повысить уровень безопасности и улучшить уровень удовлетворенности заказчиков и пользователей. Также виртуальная реальность позволяет всем заинтересованным сторонам взаимодействовать в одном пространстве и в режиме реального времени.

Использование VR технологий в строительстве имеет огромный потенциал и может значительно упростить и улучшить процесс проектирования, строительства и эксплуатации зданий. Однако, как и любая новая технология, она требует соответствующей подготовки и интеграции в рабочий процесс, что может вызвать некоторые сложности. Но с развитием и усовершенствованием VR технологий, их использование в строительстве становится все более распространенным и полезным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Среда визуализации и совместной работы с BIM (bimforge.ru)
2. VR Build Manager — ООО «АР СОФТ» (vr-arsoft.com)
3. VR Concept (digitaldeveloper.ru)
4. TechViz. Платформа VR для виртуализации данных и проектирования | Ирисофт Инвест (irinvest.ru)
5. <https://likevr.ru/industrii/stroitelstvo/>
6. Игибаева Малика Сайлауовна, Чекаева Рахима Усмановна РАЗВИТИЕ И ВЛИЯНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ НА АРХИТЕКТУРНЫЙ РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС // Евразийский Союз Ученых. 2020. №10-6 (79). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-i-vliyanie-virtualnoy-realnosti-na-arhitekturnyy-rabochiy-protsess> (дата обращения: 12.12.2023).
7. Гольдин А.А. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ И ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ // Форум молодых ученых. 2018. №7 (23). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-razvitiya-tehnologiy-dopolnennoy-i-virtualnoy-realnosti-v-stroitelstve> (дата обращения: 12.12.2023).
8. Дорохов Дмитрий Сергеевич, Овчинников Илья Игоревич ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ С ВОЗМОЖНОСТЯМИ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ // Вестник евразийской науки. 2022. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vzaimodeystvie-tehnologiy-informatsionnogo-modelirovaniya-s-vozmozhnostyami-virtualnoy-i-dopolnennoy-realnosti> (дата обращения: 12.12.2023).

КОРПОРАТИВНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ОРГАНИЗАЦИИ

В.Ю. Жаркая

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
vuz24@mail.ru*

Аннотация

Цифровое информационное моделирование на этапе проектирования инструмент производства проектной документации на качественно новом уровне, однако без должной методической поддержки внутри организации цифровое информационное моделирование становится из инструмента самоцелью. Корпоративный университет в организации может быть использован как инструмент повышения квалификации сотрудников, обучения новых сотрудников, передачи знаний от опытных сотрудников молодому поколению. Цель исследования определить целесообразность внедрения корпоративного университета для улучшения показателей организации применительно к процессам проектирования. В статье были проанализированы показатели внутри организации до и после внедрения инфраструктуры корпоративного университета и выявлено улучшение показателей эффективности процессов проектирования в соответствии с поставленными критериями, также были определены недостатки проведенного исследования и обозначены возможные направления дальнейших исследований.

ВВЕДЕНИЕ

Цифровизация экономики ставит перед промышленностью новые цели и задачи, меняет отношение организаций к информационным технологиям, требует оперативного внедрения новых практик в привычные бизнес-процессы[1]. Цифровое информационное моделирование на этапе проектирования инструмент способствующий переходу процессам подготовки и выпуска проектной документации на качественно новый уровень[2].

Стоит также отметить, что для сохранения конкурентоспособности организации должны инвестировать не только в новые инструменты проектирования, но и в создание нематериальных активов организации. Таким активом может стать повышение квалификации сотрудников через непрерывное обучение. Корпоративный университет - инструмент который не только способствуют повышению квалификации сотрудников, но также могут являться средством передачи опыта между поколениями проектировщиков, хранилищем “лучших практик”[3, 4]. Для реализации полноценного внедрения любых новых инструментов в процесс проектирования в частности для внедрения технологии информационного моделирования корпоративный университет становится необходимостью [5, 6, 7]. Понятие корпоративный университет имеет различные трактовки, под этим определением понимают как базу знаний (инфраструктура базы знаний в данном исследовании вторична) в которую собирают накопленный опыт и основные обучающие материалы организации, так и полноценное образовательное подразделение организации занимающееся созданием материалов для достижения стратегических целей организации [8]. Корпоративный университет может быть представлен в разных форматах в зависимости от направления деятельности организации, для процессов проектирования самым оптимальным вариантом является корпоративный институт в котором материалы представлены в виде библиотеки материалов, а мероприятия связанные с обучением в группах носят характер дистанционного асинхронного образования с мягкими дедлайнами.

Отсутствие квалифицированных кадров многими называется как одно из основных препятствий полноценному внедрению технологии информационного моделирования, а большой интервал между основным обучением и повышением квалификации сотрудников

в соответствии с принятыми нормами приводит к отсутствию актуализации знаний на постоянной основе [9].

В целом необходимость сохранить и передать наработанные знания и опыт внутри организации является постоянной проблемой, что приводит организации к необходимости создания корпоративного обучения в различных форматах, включая корпоративные университеты [10, 11, 12, 13].

При максимально эффективном внедрении корпоративного университета в организацию можно улучшить производственные показатели:

- сократить время разработки проектной документации;
- сократить количество одновременно привлекаемых к проекту специалистов;
- сократить количество ошибок и последующих доработок;

Исходя из вышеизложенного, актуально исследовать влияние наличия корпоративного университета в проектной организации на качество и скорость выполнения проектных работ с применением технологии информационного моделирования. Цель данной работы - определить целесообразность внедрения корпоративного университета применительно к процессам информационного моделирования. Для достижения цели были сформулированы следующие задачи:

- создать критерии оценки эффективности проектирования с применением технологии информационного моделирования, которые смогут отразить эффект от внедрения корпоративного университета,
- развернуть и наполнить учебными материалами систему корпоративного университета и провести обучение,
- сравнить показатели эффективности до и после обучения, сформировать выводы по результатам.

По итогам можно будет определить общую эффективность от внедрения корпоративного университета в процессы проектирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Критерии оценки эффективности

Сформирована оценка эффективности работы сотрудников после внедрения корпоративного института на основании сравнения показателей по количеству обращений в отдел поддержки информационного моделирования в связи с возникновением затруднений сотрудников по работе с программным обеспечением или с непосредственно с информационной моделью.

Обращения были разделены на следующие категории:

- обращения, связанные с отсутствием знаний о функционале программы;
- обращения, связанные с последствиями неправильного использования программы;

Обращения также были отсортированы по основным разрабатываемым дисциплинам (табл.1).

Табл. 1. Обращения, отсортированные по категориям и дисциплинам

	Архитектурные решения	Конструктивные решения	Слаботочные системы	Системы отопления, вентиляции, водоснабжения и водоотведения
Обращения связанные с отсутствием знаний о функционале программы	84	61	31	32
Обращения связанные с последствиями неправильного использования программы	23	40	12	11

В качестве исследуемого объекта выступил процесс проектирования жилого многоэтажного здания сотрудниками проектных организаций до и после внедрения систем корпоративного университета. В рамках исследования фиксировались показатели по обращениям сотрудников в течение месяца до внедрения корпоративного института и в течение месяца после внедрения.

Основное используемое программное обеспечение для проектирования: Revit с дополнительными плагинами и скриптами в соответствии с потребностями проектной дисциплины.

Создание первичной структуры корпоративного университета

Были развернуты системы на базе Vitrix(система электронного документооборота с возможностью создавать базы знаний и тестирования, установлено на сервер компании поставщиком ПО) и Moodle (программное обеспечение распространяемое бесплатно, было установлено на сервер организации с минимальной кастомизацией). После установки инфраструктуры были выполнены следующие этапы:

1. В системы обучения были загружены видеоуроки и текстовые инструкции, касающиеся стандартных процессов оформления документации с использованием технологии информационного моделирования.
2. В системы обучения были загружены видеоуроки сформированные на основании наиболее часто встречающихся затруднений, а также общие справочные материалы по работе с используемыми в организации программами.
3. Создание чатов для взаимодействия между сотрудниками.
4. Проведение обучения с фиксацией результатов изучения представленных материалов в системе, а также с помощью опросников по модели Д. Киркпатрика, доступ к материалам предоставлен сотрудникам бессрочно.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В соответствии с проведенным исследованием через месяц после проведения обучения были повторно зафиксированы показатели по обращениям в отдел поддержки информационного моделирования. По итогам был проведен анализ результатов до и после внедрения корпоративного университета. Показатели по обращениям в отдел поддержки имеют значения, приведенные в табл. 2.

Табл. 2. Показатели по количеству обращений до и после внедрения корпоративного университета

	Архитектурные решения		Конструктивные решения		Слаботочные системы		Системы отопления, вентиляции, водоснабжения и водоотведения	
	До	После	До	После	До	После	До	После
Обращения связанные с отсутствием знаний о функционале программы	84	30	61	32	31	19	32	20
Обращения связанные с последствиями неправильного использования программы	23	10	40	13	12	7	11	8

В результате сравнения продемонстрировано улучшение показателей эффективности в соответствии с определенным ранее критерием оценки.

Несмотря на улучшение показателей по количеству обращений и соответственно на повышение эффективности процессов проектирования для уточнения корреляции между результатами обучения и улучшением показателей производственного процесса необходимо провести дополнительные долгосрочные исследования, а также провести дополнительные исследования для определения эффективности инвестирования в корпоративный университет организации в долгосрочной перспективе [14, 15].

Таким образом, помимо выявленных улучшений, связанных с внедрением корпоративного университета, остаются проблемные вопросы, требующие дальнейшего исследования.

На основе вышеизложенного можно сделать вывод, что актуализация знаний сотрудников, повышение их квалификации с помощью корпоративного университета позволяет повысить эффективность работы организации за счет снижения количества производственных ошибок, времени “простоя”, связанного с поиском информации об использовании инструментов проектирования и последующего сокращения сроков производства работа, а также за счет повышения уровня кооперации между сотрудниками в ходе совместного обучения.

Создание и ведение инфраструктуры корпоративного университета также способствуют сохранению нематериальных ресурсов компании в долгосрочной

перспективе за счет сохранения, анализа и передачи накопленного процессе решения производственных задач опыта. В дальнейшем можно использовать систему корпоративного университета для освобождения опытных сотрудников от инструктажа новичков, за счет организации первичного обучения в инфраструктуре корпоративного университета [16].

ВЫВОДЫ

Итоги данного исследования практически значимы для проектной деятельности. Необходимо продолжить изыскания для формирования теоретических основ для создания специализированных корпоративных университетов в строительной отрасли.

Перспективным направлением на базе проведенного исследования может стать анализ наиболее эффективных форм организации обучения и материала в проектных организациях без отрыва от производственной деятельности, а также формирование гибкой методики составления программ обучения в рамках организации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимова О.М. К вопросу о сущности и алгоритме цифровой трансформации компании // Образование и право. 2022. №11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-suschnosti-i-algoritme-tsifrovoy-transformatsii-kompanii> (дата обращения: 14.12.2023).
2. Абрамян С.Г., Шаюнусов А.Р., Бурлаченко А.О., Данахов А.А. ИМ-технологии - основа решения современных проблем строительства зданий и сооружений // The Scientific Heritage. 2020. №50-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/im-tehnologii-osnova-resheniya-sovremennyh-problem-stroitelstva-zdaniy-i-sooruzheniy> (дата обращения: 04.12.2023)
3. Зиновьева С.А., Коняева Е.А., Петровский А.М. Профессиональное корпоративное обучение // Проблемы современного педагогического образования. 2023. №79-3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/professionalnoe-korporativnoe-obuchenie> (дата обращения: 25.11.2023).
4. Плетнёв Д.А., Казадаев М.С. Корпоративные университеты как факторы устойчивости и эффективности российских компаний в пандемию // Вестник ЧелГУ. 2022. №6 (464). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/korporativnye-universitety-kak-factory-ustoychivosti-i-effektivnosti-rossiyskih-kompaniy-v-pandemiyu> (дата обращения: 21.11.2023)
5. Рыбакова А.О. Оценка эффективности проектирования на основе модульных элементов максимальной готовности // Строительство: наука и образование. 2022. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-proektirovaniya-na-osnove-modulnyh-elementov-maksimalnoy-gotovnosti> (дата обращения: 23.11.2023).
6. Миргород Е.Е., Натаева З.А., Тазбиева З.М. Инновации в управлении человеческими ресурсами предприятия // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. 2023. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsii-v-upravlenii-chelovecheskimi-resursami-predpriyatiya> (дата обращения: 19.11.2023).
7. Мелоян В.Г., Кузьмина А.М. Цифровизация корпоративных университетов как фактор конкурентоспособности компаний // Проблемы современного педагогического образования. 2023. №78-4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-korporativnyh-universitetov-kak-faktor-konkurentosposobnosti-kampaniy> (дата обращения: 25.11.2023).
8. Карпенко Е.З. Корпоративный университет: современные признаки // РППЭ. 2018. №12 (98). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/korporativnyy-universitet-sovremennye-priznaki> (дата обращения: 11.12.2023).
9. Кучина Е.В., Просвирина И.И., Лясковская Е.А., Яковлев Ю.В. Цифровые образовательные платформы как инструмент повышения эффективности труда персонала промышленных предприятий // Вестник ЮУрГУ. Серия: Экономика и менеджмент. 2023. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-obrazovatelnye-platformy-kak-instrument-povysheniya-effektivnosti-truda-personala-promyshlennyh-predpriyatiy> (дата обращения: 13.12.2023).
10. Агошков А.И., Курочкин П.А. Повышение безопасности строительства на основе совершенствования обучения по охране труда (на примере крупных инвестиционных строительных проектов) // Известия СПбГЭУ. 2023. №2 (140). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-bezopasnosti-stroitelstva-na-osnove-sovershenstvovaniya-obucheniya-po-ohrane-truda-na-primere-krupnyh-investitsionnyh> (дата обращения: 25.11.2023).
11. Ивахник Д.Е. Модель управления знаниями машиностроительного предприятия // Известия ВУЗов ЭФИУП. 2022. №1 (51). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-upravleniya-znaniyami-mashinostroitel'nogo-predpriyatiya> (дата обращения: 14.12.2023).
12. Дружинин Г.В., Пружинин А.Н., Мамурков Е.В. Стратегии развития человеческого капитала нефтяных компаний // Социология. 2019. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategii-razvitiya-chelovecheskogo>

- kapitala-neftyanyh-kompaniy (дата обращения: 14.12.2023).
13. *Шальнев О.Г.* Современные форматы организации корпоративного обучения в условиях диджитализации промышленности // Организатор производства. 2020. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-formaty-organizatsii-korporativnogo-obucheniya-v-usloviyah-didzhitalizatsii-promyshlennosti> (дата обращения: 24.11.2023).
 14. *Лукьянова Н.И.* Оценка эффективности систем корпоративного обучения // Вестник ГУУ. 2014. №8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-sistem-korporativnogo-obucheniya> (дата обращения: 08.12.2023).
 15. *Голубь А.А.* Актуальность модели Д. Киркпатрика как инструмента оценки эффективности обучения персонала // Символ науки. 2019. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnost-modeli-d-kirkpatrika-kak-instrumenta-otsenki-effektivnosti-obucheniya-personala> (дата обращения: 11.12.2023).
 16. *Барсукова А.Д.* К вопросу об адаптации студентов строительной сферы к профессиональной среде // Современное педагогическое образование. 2023. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-ob-adaptatsii-studentov-stroitelnoy-sfery-k-professionalnoy-srede> (дата обращения: 12.12.2023).

Секция 8. Инженерные системы и
средства механизации в строительстве
и ЖКХ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОГО ТЕПЛООВОГО ПОТОКА ОТ КЛИМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ИХ РЕГУЛИРОВАНИИ

О.Д. Самарин

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
samarinod@mgsu.ru

Аннотация

Предметом исследования являются различные подходы к выбору и измерению параметров внутреннего микроклимата в рабочей зоне кондиционируемого помещения, требуемых для наиболее точного и в то же время максимально простого регулирования оборудования климатических систем. Основной проблемой в данной области в настоящее время является достаточная сложность и трудность реализации технических решений, обеспечивающих непосредственную компенсацию мгновенного дисбаланса тепловых потоков в помещении. Целью исследования является вывод формулы для вычисления требуемого теплового потока, удаляемого климатической системой, исходя из поддержания нулевого баланса между поступлениями и стоками теплоты, а также для определения действительной характеристики теплоустойчивости помещения на основе анализа фактической кривой начального разогрева, формируемой по данным замеров. При исследовании используются аналитические методы, разработанные в теории нестационарной теплопроводности, в сравнении с экспериментальными данными, полученными при непосредственном измерении температуры в жилой комнате в режиме разогрева и последующего охлаждения. Показано, что сопоставление результатов замеров с аналитическим расчетом при использовании представленных в работе зависимостей подтверждает их достаточную точность для инженерной практики и дает возможность одновременной идентификации построенной математической модели.

ВВЕДЕНИЕ

Поддержание требуемой комфортности параметров внутреннего микроклимата в обслуживаемой зоне помещений является одной из важнейших задач при эксплуатации зданий и их инженерных систем, поскольку непосредственно связано с обеспечением безопасности жизнедеятельности человека и одновременно с решением вопросов по снижению энергопотребления при функционировании этих объектов. Разумеется, качественное решение данной проблемы невозможно без автоматического управления обслуживающими помещения системами обеспечения микроклимата с использованием прежде всего тех или иных вариантов непрерывных законов регулирования. Поэтому для оценки формирующегося при этом нестационарного теплового режима в общем случае необходим явный учет особенностей теплообмена на внутренних поверхностях ограждений и переноса теплоты за счет конвекции в объеме помещения, а также нестационарной теплопередачи в массиве ограждающих конструкций, что делает такую оценку весьма сложной. Помимо этого, требуется дополнительное включение уравнений связи между значением компенсационного теплового потока от управляемой климатической системы и поддерживаемой температурой в помещении. Данные обстоятельства приводят к тому, что для решения подобных задач обычно нужно составлять системы дифференциальных и алгебраических уравнений, которые затем решаются в основном численными методами, и получаемые зависимости могут оказаться малоприменимыми для инженерной практики [1 – 7].

Однако следует отметить, что все эти алгоритмы в качестве как измеряемого, так и контролируемого параметра используют температуру воздуха в помещении t_v , °С. Поэтому они требуют достаточно сложных уравнений связи между t_v , теплоизбытками и теплофизическими параметрами обслуживаемого помещения. В то же время легко понять,

что регулирование будет наиболее точным, если в его основу положить поддержание в каждый момент времени теплового баланса помещения таким образом, что тепловой поток, уносимый системами обеспечения микроклимата, будет максимально приближаться к мгновенному значению теплоизбытков.

Вообще говоря, с чисто технической точки зрения такое решение не представляется чем-либо совершенно невозможными или, по крайней мере, чрезвычайно трудно реализуемым, во всяком случае, по отношению к наиболее существенным составляющим теплового баланса. В частности, теплопоступления от работающих электроприборов, в том числе осветительных, можно определить по текущим показаниям ваттметра на вводе электрической сети, поступления теплоты от людей – по их числу, которое оценивается, например, по датчикам движения, а теплопритоки через светопрозрачные и нестепрозрачные ограждения – по показаниям расположенных на соответствующих поверхностях тепломеров. Однако необходимо отметить, что подобная схема будет являться достаточно дорогостоящей, в том числе из-за необходимости установки значительного количества измерительного оборудования и соединительных проводников, а также требует весьма сложного программного обеспечения для ввода сигналов в компьютер и их последующего анализа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исходя из изложенного, представляется значительно более простым вариант, когда текущее значение суммарных теплоизбытков определяется в каждый момент экспериментально, по измеряемой кривой разогрева помещения. В работе [8] для рассматриваемых условий было получено выражение, описывающее приращение температуры воздуха θ_v , К, по сравнению с исходным уровнем:

$$\theta_v = \frac{2Q_{\text{пост}}}{B} \sqrt{\tau}. \quad (1)$$

Здесь τ – время с момента появления скачка теплопоступлений, с; $Q_{\text{пост}}$ – величина данного скачка, Вт; B – показатель теплоаккумуляционных свойств помещения, Вт·с^{1/2}/К. Для параметра B в [8] имеется аналитическое выражение, но в данном случае его целесообразно найти так же экспериментально, если предварительно снять кривую разогрева при заданном значении $Q_{\text{пост}}$, которое можно обеспечить, например, включением обогревателя известной мощности. Тогда, очевидно, параметр B можно будет вычислить так:

$$B = \frac{2Q_{\text{пост}}}{\theta_v} \sqrt{\tau} \quad (2)$$

Отсюда получается, что требуемое значение теплового потока Q_x , Вт, удаляемого климатической системой, будет равно:

$$Q_x = \frac{\theta_v B}{2\sqrt{\tau}}. \quad (3)$$

При этом в обоих случаях должна использоваться величина θ_v , замеренная в момент времени τ , который, очевидно, нужно выбирать таким образом, чтобы θ_v была того же порядка, что и допустимое отклонение t_v от контролируемого уровня (уставки), или, иначе говоря, динамическая ошибка регулирования, но, конечно, меньше ее, с учетом инерционности процесса. В то же время θ_v не должна быть и слишком малой, чтобы можно было пренебречь погрешностями, которые дает уравнение (1) для начальных τ , в частности, неучетом теплоаккумуляционных свойств объема воздуха в помещении. Поэтому представляется, что оптимальное значение θ_v составляет около 0.5 К.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рисунке 1 сплошной линией показаны результаты экспериментальных замеров приращения температуры внутреннего воздуха в помещении. Для измерений использовался термометр Testo 0560 1110 с ценой деления температурной шкалы 0.1 К, который устанавливался в центре комнаты на высоте 1 м над полом. При этом до момента времени $\tau_0 = 970$ с имел место режим начального разогрева под действием теплопоступлений,

которые в условиях эксперимента можно было считать постоянными и равными $Q_{\text{пост}} = 650$ Вт, а затем была включена местная установка охлаждения в виде внутреннего блока сплит-системы с холодильной мощностью $Q_x = 1300$ Вт, что составляет $2/3$ от максимального значения, указанного в паспортных данных. Пунктиром изображена теоретическая зависимость по формуле (1) при $\tau < \tau_0$, а затем – по выражению (4), которое очевидным образом получается по принципу суперпозиции:

$$\theta_b = \frac{2}{B} (Q_{\text{пост}} \sqrt{\tau} - Q_x \sqrt{\tau - \tau_0}). \quad (4)$$

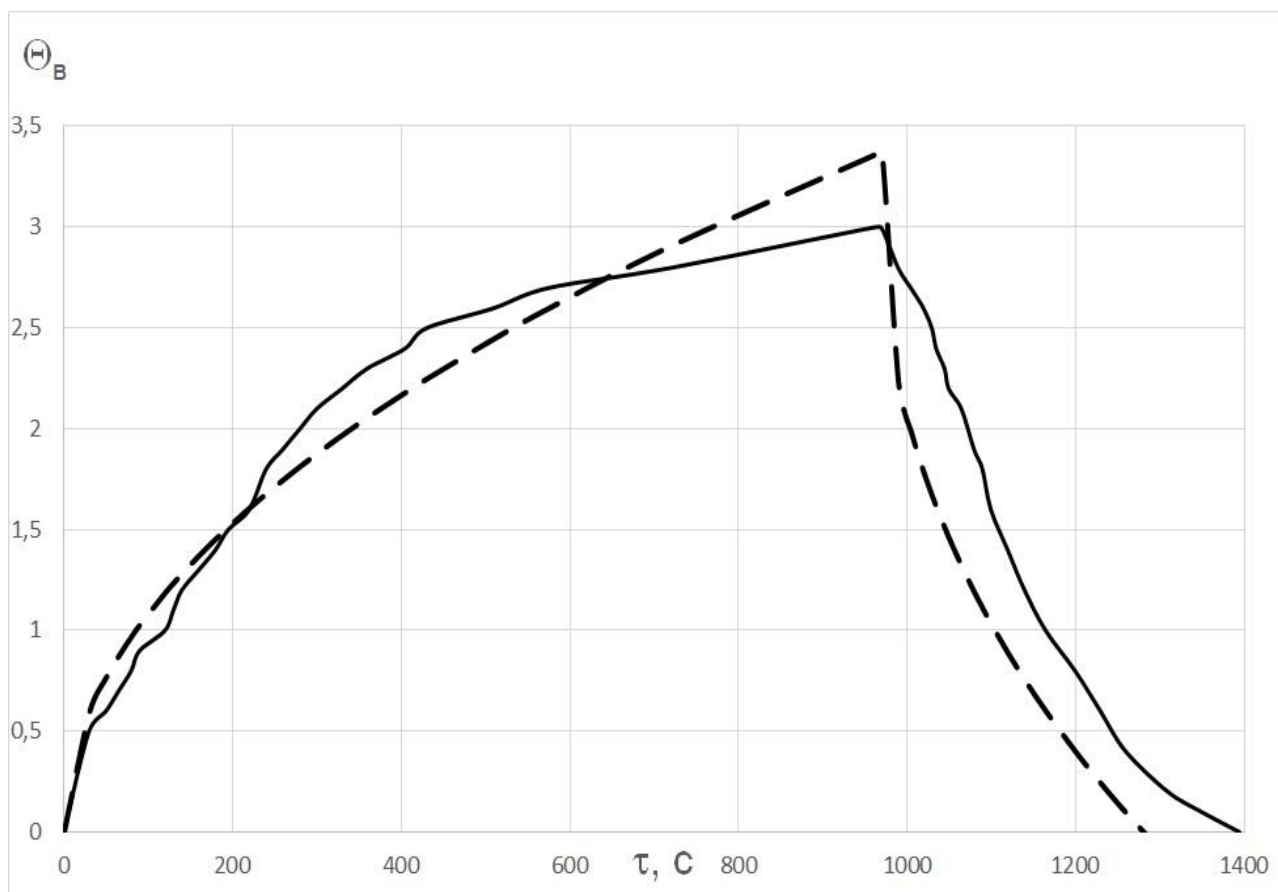


Рис.1. Зависимость θ_b от времени для расчетного помещения в условиях его начального прогрева и последующего охлаждения (сплошная линия – эксперимент, пунктир – по выражениям (1) и (4))

В расчетах было использовано значение $B = 12000$ Вт·с^{1/2}/К, что соответствует геометрическим размерам ограждений и теплотехническим характеристикам их материалов, и, таким образом, при имеющейся степени совпадения теоретических кривых с экспериментальной можно утверждать, что аналитическое определение параметра B достаточно точно отражает его реальный уровень. Заметим, что непосредственно по (2), если принять $\tau = \tau_0 = 970$ с, $Q_{\text{пост}} = 650$ Вт и $\theta_b = 2.9$ К (см. рисунок 1), получается $B = 13900$ Вт·с^{1/2}/К, что примерно на 15 процентов выше теоретического. Однако такое расхождение считается допустимым при устройстве систем автоматического регулирования. Тем не менее еще раз подчеркнем, что наибольшее значение имеет именно величина B , определенная по результатам измерений, а его расчетный уровень следует рассматривать скорее как контрольный для сравнения.

Кроме того, нужно иметь в виду, что величина Q_x , вычисляемая по формуле (3), соответствует восстановлению баланса между тепlopоступлениями и потоком теплоты, удаляемым из помещения климатической системой, что подразумевает стабилизацию температуры воздуха на новом уровне, достигнутом к моменту определения Q_x . При необходимости возвращения температуры к исходному уровню значение Q_x должно быть,

разумеется, выше. В частности, в условиях проведенного эксперимента было принято, что $Q_x = 2Q_{\text{пост}} = 1300$ Вт, что позволило обеспечить первоначальную температуру через $1400 - 970 = 430$ с после включения системы охлаждения. Следует при этом учитывать, что фактически в данном случае регулирование получается частично позиционным, поскольку включение сплит-системы производилось только спустя некоторое время после появления теплового возмущения, поэтому полученные результаты в некоторой степени соответствуют приведенным ранее для такого режима автором в работе [9].

Нетрудно видеть, что при использовании воздушных систем, в первую очередь центрального кондиционирования воздуха, практическая реализация вычисленной величины Q_x требует поддержания соответствующей температуры притока $t_{\text{п}}$, °С, которая может быть определена, исходя из уравнения общего теплового баланса помещения [10]:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{в}} - \frac{3.6Q_x}{G_{\text{п}}c_{\text{в}}}, \quad (5)$$

где $G_{\text{п}}$ – массовый расход притока, кг/ч; $c_{\text{в}} = 1.005$ кДж/(кг·К) – его удельная теплоемкость. Если удаление воздуха осуществляется из верхней зоны помещения, следует вместо $t_{\text{в}}$ использовать температуру удаляемого воздуха $t_{\text{у}}$, °С [10], которая так же может быть измерена соответствующими датчиками.

ВЫВОДЫ

В результате проведенного исследования доказана справедливость предложенного принципа экспериментального определения требуемого теплового потока, который должен удаляться из помещения автоматизированными климатическими системами, управляемыми по непрерывному закону. Данный принцип требует использования только непосредственно измеряемых величин в процессе регулирования систем либо предварительно, до начала их эксплуатации, и основан на применении кривой начального разогрева помещения, и позволяет производить идентификацию математической модели процесса регулирования с определением ее фактических параметров. Отмечено, что полученные в работе расчетные соотношения подтверждаются сопоставлением с результатами экспериментальных исследований, имеют достаточно простой вид, требуют минимального числа исходных данных и доступны для реализации в инженерной практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дорошенко А.В. Имитационная термодинамическая модель здания // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2017. № 12. С. 42–43.
2. Rafalskaya T. Safety of engineering systems of buildings with limited heat supply // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. P. 012049.
3. Rafalskaya T.A. Simulation of thermal characteristics of heat supply systems in variable operating modes // Journal of Physics: Conference Series. XXXV Siberian Thermophysical Seminar, STS 2019. 2019. P. 012140.
4. Avsyukevich D.A., Shishkin E.V., Litvinova N.B., Mirgorodskiy A.N. Thermoeconomic model of a building's thermal protection envelope and heating system // Magazine of Civil Engineering. 2022. № 113(5). P. 11302.
5. Ryzhov A., Ouerdane H., Gryazina E., Bischi A., Turitsyn K. Model predictive control of indoor microclimate: existing building stock comfort improvement // Energy Conversion and Management. 2019. Vol. 179. Pp. 219–228.
6. Sha H., Xu P., Yang Z., Chen Y., Tang J. Overview of computational intelligence for building energy system design // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2019. Vol. 108. Pp. 76–90.
7. Belussi L., Barozzi B., Bellazz, A., Danza L., Devitofrancesco A., Ghellere M., Guazzi G., Meroni I., Salamone F., Scamoni F., Scrosati C., Fanciulli C. A review of performance of zero energy buildings and energy efficiency solutions // Journal of Building Engineering. 2019. Vol. 25. P. 100772.
8. Самарин О.Д., Ключко А.К. Численные и приближенные методы в задачах строительной теплофизики и климатологии. – М.: Изд-во МИСИ-МГСУ, 2021. 96 с.
9. Самарин О.Д. Нестационарный тепловой режим помещения при позиционном регулировании системы охлаждения // Журнал «СОК». 2023. № 1. С. 102–103.
10. Малявина Е.Г., Самарин О.Д. Строительная теплофизика и микроклимат зданий. 2-е изд. – М.: Изд-во МИСИ-МГСУ, 2022. 288 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИК ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Д.И. Шлычков

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
ShlyichkovDI@mgsu.ru

Аннотация

В статье приводятся зависимости для гидравлического расчета канализационных сетей с внутренними отложениями. Используемые в настоящее время методики гидравлического расчета удовлетворяют условиям на начальной стадии эксплуатации инженерных сетей канализации, то есть для новых трубопроводов. При этом практика эксплуатации выявляет образование слоя осадка в лотковой части, что в свою очередь приводит к необходимости выполнения расчетов по гидравлическому обоснованию при реализации технологическом подключения объектов городской инфраструктуры. *Целью* работы является определение наиболее точных расчетных зависимостей для канализационных труб с отложениями. *Материалы исследования:* Используются известные зависимости по расчету канализационных трубопроводов. *Результаты:* Установлены расчетные зависимости, которые подтверждают, что значение величины фактического гидравлического уклона зависит от толщины слоя отложений в лотковой части, а следовательно от приведенного диаметра. *Выводы:* Анализ зависимостей, показал несовершенство общеизвестных методик расчета канализационных сетей, находящихся в эксплуатации. Рекомендовано использование уточненных авторами формул.

ВВЕДЕНИЕ

Высокие темпы строительства зданий и сооружений различного назначения на всей территории Российской Федерации требуют решения вопросов связанных с осуществлением их подключения (технологического присоединения) к уже действующим канализационным сетям. Органы управления в городах и населенных пунктах должны в обязательном порядке обосновывать выдаваемые технические условия на подключение к инженерным сетям, так как в большинстве случаев действующие канализационные сети перегружены и могут работать в недопустимом с гидравлической точки зрения режиме. Это приводит к тому, что потребители услуг водоотведения жалуются на частые закупорки канализационных сетей.

Проведенный анализ режимов эксплуатации хозяйственно-бытовых сетей канализации показал, что сети, как правило, работают с повышенным уровнем фактического наполнения труб, что не допускается требованиями действующих стандартов и правилами эксплуатации канализационных сетей. Причиной является наличие в трубопроводах канализации слоя отложений (осадка) в лотковой части.



Рис. 1. Внешний вид отложений в канализационных сетях

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для гидравлического расчета напорных и самотечных сетей водоотведения необходимо обязательно учитывать значения следующих характеристик труб:

- наружного диаметра d_n по ГОСТ в м;
- толщины стенки S_p в м;
- толщину слоя осадка h в трубах в м.

Расчетными формулами для гидравлического расчета сетей водоотведения с внутренними отложениями, являются нижеприведенные формулы, уточненные авторами.

Под гидравлическим потенциалом трубопровода (труб) конкретного диаметра d_n следует понимать оценочный эксплуатационный критерий, характеризуемый совокупностью значений заданного расхода q в л/с (m^3/c), скорости потока жидкости V в м/с и гидравлического уклона i в м/м. Для напорных и самотечных сетей водоотведения к этому перечню характеристик следует также добавлять значение толщины слоя отложений δ в напорных сетях или значение h в самотечных трубах.

Гидравлический расчет напорных трубопроводов водоотведения и коллекторов производится по формуле проф. Ф.А. Шевелева с использованием специально разработанных «Таблиц для гидравлического расчета водопроводных труб из стали и серого чугуна с внутренними отложениями» [2]. Формула имеет вид (при $V \geq 1,2$ м/с):

$$i_{\phi} = 0,00107 \frac{V_{\phi}^2}{[(d_n - 2S_p) - 2\delta]^{1,3}}, \text{ м/м} \quad (1)$$

где:

i_{ϕ} – фактический гидравлический уклон, с учетом толщины слоя внутренних отложений δ , м/м;

V_{ϕ} – фактическая скорость в трубах с внутренними отложениями, м/с;

d_n – наружный диаметр труб из конкретного вида материала по ГОСТ, м;

S_p – толщина стенки трубы по ГОСТ, м.

При гидравлическом расчете металлических сетей водоотведения с внутренними отложениями не учет влияния толщины слоя отложений δ на стенках труб приводит к повышенным погрешностям в расчете фактических значений характеристик гидравлического потенциала труб $d_{\text{вн}}^{\phi}$, V_{ϕ} и i_{ϕ} .

Гидравлический расчет самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб производится по уточненной авторами формуле А. Шези (1769 г.), в которую входит толщина слоя осадка h , влияющая на фактическое значение гидравлического уклона i_{ϕ} .

Формула имеет вид:

$$i_{\phi} = \frac{4 \cdot V_{\text{пр}}^2}{C_{\text{пр}}^2 \cdot d_{\text{пр}}}, \text{ м/м} \quad (2)$$

где:

i_{ϕ} – фактический гидравлический уклон, с учетом толщины слоя отложений h , м/м;

V_{ϕ} – фактическая (увеличенная) скорость потока сточной жидкости, м/с;

$$V_{\phi} = \frac{4 \cdot q}{\pi \cdot d_{\text{пр}}^2}, \text{ м/с} \quad (3)$$

$d_{\text{пр}}$ – приведенный диаметр трубы со слоем отложений h , м

$$d_{\text{пр}} = \frac{R_{\text{пр}}}{4}, \text{ м} \quad (3)$$

$C_{\text{пр}}$ – приведенный (безразмерный) коэффициент А. Шези, определяемый по его формуле для установившегося равномерного движения сточной жидкости:

$$q = \omega_{\text{ф}} \cdot V_{\text{ф}} = \omega_{\text{ф}} \cdot C_{\text{пр}} \cdot \sqrt{R_{\text{пр}} \cdot i_{\text{ф}}}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (4)$$

$\omega_{\text{ф}}$ – фактическая (приведенная) площадь живого сечения трубы, заполненная сточной жидкостью, с учетом фактической толщины слоя осадка h в ее лотковой части, м^2 :

$$\omega_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{пр}}^2}{4}, \text{ м}^2 \quad (5)$$

Значение величины приведенного диаметра труб $d_{\text{пр}}$ с отложениями в их лотковой части производится по формуле, выведенной авторами и имеющий вид:

$$d_{\text{пр}} = \sqrt{d_{\text{вн}}^2 - (d_{\text{вн}} - h)^2}, \text{ м} \quad (6)$$

где:

$d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр трубы по ГОСТ из конкретного вида материала, м;
 h – толщина слоя осадка в лотковой части трубы, м.

Формула (3) получена по результатам сравнительного анализа двух расчетных зависимостей – формулы А. Шези:

$$V = C \sqrt{R \cdot i}, \text{ м/с} \quad (7)$$

и формулы профессора Н.Ф. Федорова для гидравлического расчета канализационных сетей:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{\Delta_3}{13,68 \cdot R} + \frac{a_2}{Re} \right), \quad (8)$$

где:

λ – безразмерный коэффициент гидравлического сопротивления;
 Δ_3 – эквивалентная абсолютная шероховатость стенок труб, м, $0,6 \leq \Delta_3 \leq 2$ мм;
 R – гидравлический радиус, м;
 a_2 – коэффициент, учитывающий характер шероховатости труб, характер и структуру состава сточных вод со взвесью;
 Re – число Рейнольдса, зависящее от температуры сточных вод.

После преобразования формулы (7), фактическая (приведенная) скорость движения сточной жидкости $V_{\text{ф(пр)}}$ может определяться по формуле Р. Маннинга, имеющей вид:

$$V_{\text{ф(пр)}} = C_{\text{пр}} \cdot \sqrt{R_{\text{пр}} \cdot i_{\text{ф}}}, \text{ м/с} \quad (9)$$

$$C_{\text{пр}} = \frac{1}{n} \cdot R_{\text{пр}}^{1/6} = \frac{\left(\frac{d_{\text{пр}}}{4}\right)^{0,167}}{n}, \quad (10)$$

где:

$R_{\text{пр}}$ – приведенный радиус трубы со слоем осадка h , м.
 $C_{\text{пр}}$ – приведенный коэффициент А.Шези, определяемый по формуле (10):
 n – коэффициент шероховатости внутренней поверхности труб.
 Для практических расчетов значение n принимается в диапазоне величин:
 $n = 0,012 \div 0,014$.

Приведенный диаметр труб $d_{пр}$ – величина, характеризующая внутренний диаметр, эквивалентный диаметру трубы с площадью смоченного периметра ω_2 , равной площади пространства между верхней кромкой поверхности слоя отложений h в лотковой части, и фактическим уровнем наполнения трубы с осадком $H_{ф}$. Значение $d_{пр}$ (формула (6)), характеризует изменение площади рабочей поверхности (смоченного периметра) трубы ω_1 с отложениями в ее лотковой части.

Поэтому всегда для труб с осадком в лотковой части:

$$\omega_2 > \omega_1, \text{ м}^2$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ расчетной зависимости (2), учитывающей изменение значений площадей смоченного периметра трубы $\omega_2 > \omega_1$ при наличии слоя отложений h , показывает, что фактический гидравлический уклон $i_{ф}$ является функцией, зависящей от величины значений двух параметров – приведенного диаметра $d_{пр}$ и приведенного коэффициента А.Шези – $C_{пр}$, то есть зависимость: $i_{ф} = f(d_{пр}, C_{пр}, h)$, м/м.

При изменении значений $d_{пр}$ и $C_{пр}$, зависящих от значения h , неизбежно следует изменение значений $i_{ф(пр)}$.

Табл. 1. Гидравлические характеристики бетонных труб $d = 400$ мм с отложениями в лотковой части

Характеристики труб	Толщина слоя осадка, h , м				
	0	0,05	0,07	0,10	0,12
Приведенный диаметр, $d_{пр}$, м	0,400	0,206	0,174	0,135	0,114
Фактическая скорость потока $V_{ф}$, м/с	1,18	4,50	5,31	10,49	14,71
Коэффициент А. Шези	66,0100	59,980	57,440	55,060	53,530
Фактический гидравлический уклон $i_{ф}$, мм	0,003	0,113	0,277	0,844	2,649

На рис. 2 по данным табл. 1 для конкретного примера построен график зависимости $i_{ф} = f(h)$.

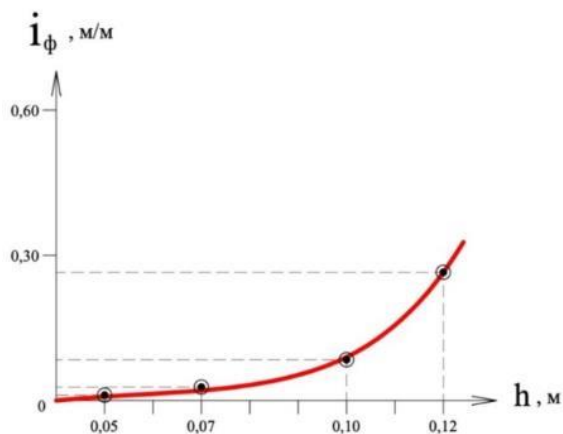


Рис. 2. График зависимости $i_{ф}=f(h)$

График зависимости $i_{\phi}=f(h)$ подтверждает, что значение величины фактического гидравлического уклона i_{ϕ} зависит от толщины слоя осадка h в лотковой части труб, а значит от величины значений $d_{\text{пр}}$ и $C_{\text{пр}}$, вычисляемых по формулам (6), (7) и (8).

ВЫВОДЫ

Гидравлический расчет сетей канализации с внутренними отложениями в их лотковой части рассмотрен с общих установленных принципов гидравлического расчета самотечных трубопроводов, с учетом изменяющейся во времени фактической толщины слоя осадка h .

Выполнен анализ расчетных зависимостей для гидравлического расчета сетей канализации и установлена зависимость, учитывающая изменение значений характеристик гидравлического потенциала труб с осадком в их лотковой части.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Продоус О.А., Якубчик П.П., Шлычков Д.И.* Прогнозирование характеристик гидравлического потенциала изношенных сетей водоснабжения и водоотведения по коэффициенту эффективности из работы. // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. № 2 (44). 2023. – С. 29-33.
2. *Продоус О.А., Шлычков Д.И.* Коэффициент эффективности эксплуатации сетей водоснабжения и водоотведения как фактор оценки возможности продолжения дальнейшей их эксплуатации. // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. Т. 25. № 3. – С. 162-168.
3. *Продоус О.А., Шлычков Д.И.* Методологические подходы к оценке эффективности эксплуатации самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб. // Градостроительство и архитектура. Т. 12. № 3. 2022 – С. 34-41.
4. *Продоус О.А., Мальшева А.А., Абросимова И.А., Челоненко А.Г.* Особенности гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения с внутренними отложениями // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 3. С. 173-179.
5. *Челоненко А.Г., Шлычков Д.И.* Зависимость гидравлических характеристик самотечных сетей канализации от толщины слоя отложений в лотковой части труб. // Сборник: Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2023». Материалы XIV Международной научно-практической конференции. Новочеркасск. 2023. – С. 323-326.
6. *Чупин Р.В., Нгуен Т.А.* Обоснование параметров проектируемых систем водоотведения. // Известия вузов «Инвестиции. Строительство. Недвижимость». 2014. № 2 (3). – С. 96-102.
7. *Чупин В.Р., Мелихов Г.С., Чупин Р.В.* Развитие методики гидравлических расчетов систем водоотведения. // «Вода и экология». 2010. № 1 – С. 3-11.
8. Чупин Р.В. Оптимизация развивающихся систем водоотведения. Монография. Издательство Иркутского государственного технического университета. 2015. – 418 с. ил.
9. *Продоус О.А., Шлычков Д.И.* Способ определения остаточного срока службы трубопроводов канализационных и тепловых сетей. // Патент изобретение № 2807163. Дата государственной регистрации в Госреестре полезных моделей РФ 10.11.2023 г.

К ВОПРОСУ ОБ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЗАГЛУБЛЕННОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЯ ПО СП 50.13330.2012 «ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ»

А.А. Фролова, Г.А. Петров

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
FrolovaAA@mgsu.ru

Аннотация

В начале 2022 года вступили в силу изменения №2 к СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», где одним из пунктов было уточнение инженерной методики по расчету тепловых потерь заглубленной части здания. В связи с некоторыми неточностями возникло ряд дискуссий о необходимости учитывать зоны пола, попадаемые на стену в грунте, а также о значениях сопротивлений теплопередаче зон стены в грунте и пола по грунту, которые значительно изменились по сравнению с классической методикой расчета, действующей до 2022 г. Для обозначения этих проблемных вопросов в данной статье авторы проводят анализ методики, представленной в СП 50 с классической методикой до 2022г. и методикой, разработанной Малявиной Е.Г. и Гнездиловой Е.А. [2-4].

ВВЕДЕНИЕ

Инженерная методика расчета тепловых потерь заглубленной части здания является предметом интереса различных ученых, которая находит свое описание в их трудах [2-7]. И это обосновано, поскольку как известно тепловая защита здания напрямую влияет на его энергопотребление инженерными системами поддержания внутреннего микроклимата в здании [8, 9] и на экономическую составляющую затрат [10].

В действующих нормах [1] в 2022 году обновлена инженерная методика расчета тепловых потерь заглубленной части здания, которая несколько изменяет традиционные подход, описанные ранее. В частности, приводятся уточнения по величине сопротивлений теплопередачи для четырех зон отдельно для стены в грунте и пола по грунту, а также изменена методика деления на зоны стены и пола в грунте. Спорным моментом в СП 50 [1] стал рисунок деления на зоны пола по грунту (рис.1), где не ясно нужно ли учитывать зоны пола по грунту, попавшие на стену в грунте, если стена считается отдельно по представленному рисунку в данном нормативном документе (рис.2).

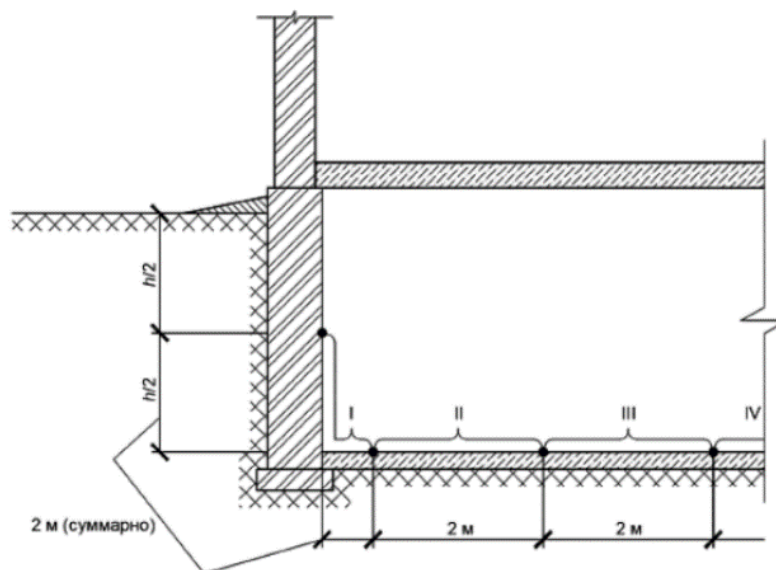


Рис. 1. Деление на зоны пола по грунту по СП 50.131330.2012 «Тепловая защита зданий» [1]

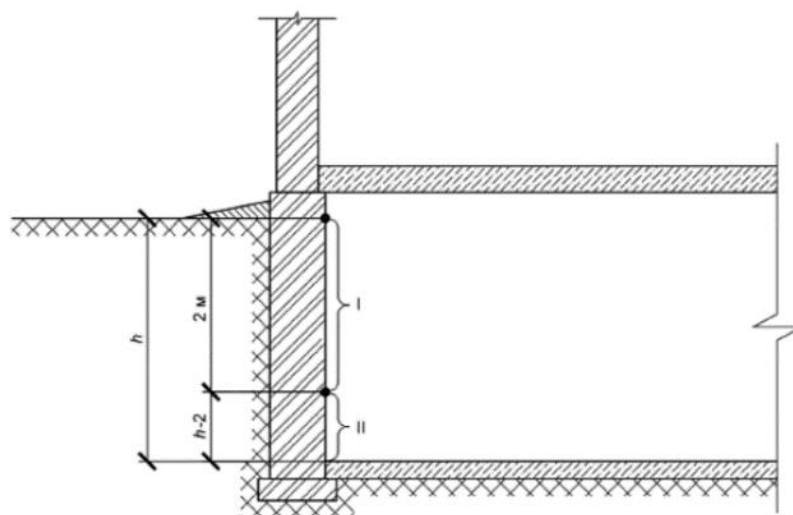


Рис. 2. Деление на зоны стены в грунте по СП 50.131330.2012 «Тепловая защита зданий» [1]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Если рассмотреть различные варианты заглубления наружной стены и пола в грунте, то легко можно убедиться, что при вычерчивании отдельно стены и пола в грунте сопротивления теплопередаче их совпадают там, что они накладываются друг на друга. Один из примеров представлен на рис.3. Этот факт учитывает, что зоны между собой коррелируются и авторы данной статьи считают, что повторный учет зоны пола по грунту, попадающей на стену в расчете производить не нужно.

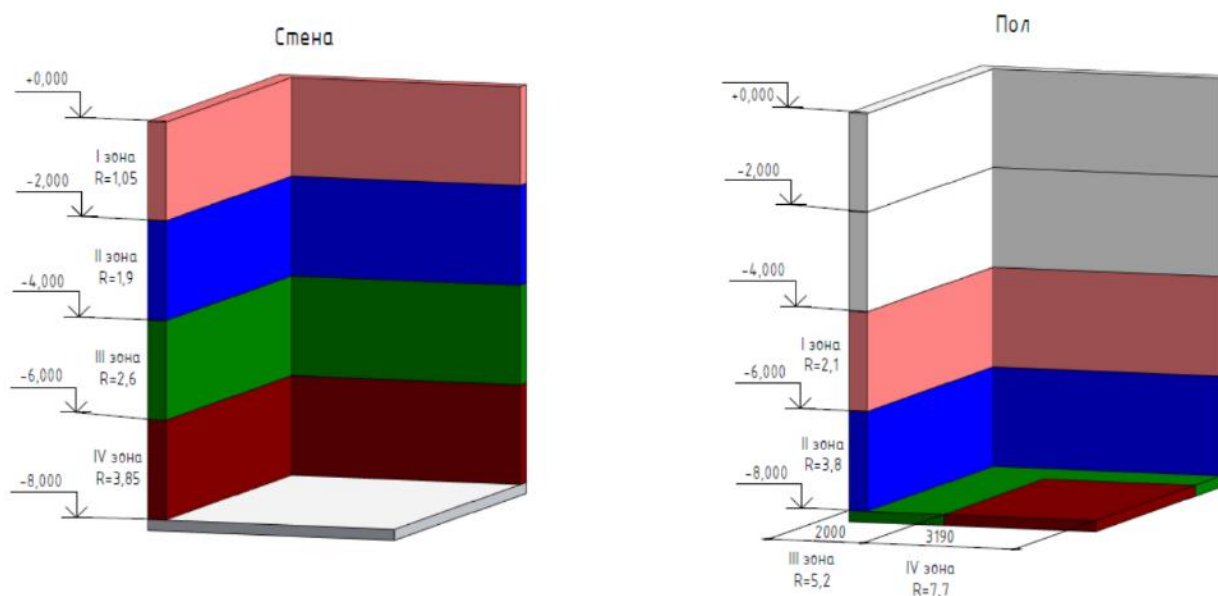


Рис. 3. Пример деления на зоны стены и пола в грунте по СП 50.131330.2012 «Тепловая защита зданий» [1]

Кроме этого, было рассмотрено несколько методик расчета сопротивлений теплопередаче зон пола и стены в грунте для корреляции их с действующей методикой, представленной в последней редакции нормативного документа СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Авторами работ [2-4] была разработана методика определения тепловых потерь заглубленной части здания с учетом современных способов утепления с помощью расчета нестационарного годового теплового режима грунта методом конечных разностей. Интересные данные работы представляют своими расчетными значениями сопротивлений теплопередаче полов по грунту без утепления, которые коррелируются с расчетными значениями по классической методике, которая применялась до 2022 года. Однако стоит отметить, что по классической методике отсчет зон пола по грунту производился от уровня земли и попадал на заглубленные стены и поэтому значения, которые получили авторы [2-4] интересно сравнить со значениями, представленными в последней редакции нормативного документа [1]. Например, классическая методика расчета зон пола по грунту имела сопротивления теплопередаче представленные в табл.1 во второй колонке. В 3 колонке этой же таблицы представлены значения, рассчитанные авторами по методике, описанной в работах [2-4], которые зависят от типа грунта и температуры внутреннего воздуха в подземной части здания; поэтому в таблице представлены диапазоны значений. В таблице 2 приведены значения сопротивлений теплопередаче зон по грунту и пола и стены по СП 50 [1].

Табл. 1. Сопротивления теплопередаче зон пола по грунту по классической методике до 2022г. и по методике авторов [2-4]

Зоны пола по грунту	Сопротивления теплопередаче по классической методике до 2022 г., $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	Сопротивления теплопередаче по методике авторов [2-4], $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$
I зона	2,1	2,0-3,5
II зона	4,3	5,5-15,0
III зона	8,6	9,2-32,0
IV зона	14,2	10,0-38,0

Табл. 2. Сопротивления теплопередаче зон пола по грунту и стен в грунте по СП 50 [1]

Зоны	Сопротивления теплопередаче пола по грунту, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	Сопротивления теплопередаче стен в грунте, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$
I зона	2,1	1,05
II зона	3,8	1,9
III зона	5,2	2,6
IV зона	7,7	3,85

Из представленных значений в таблицах 1 и 2 можно сделать выводы, что сопротивления теплопередаче зон пола и стены в грунте имеют значения, которые отличаются от методики авторов [2-4] и классической методики до 2022 г. Пояснений на этот счет в нормативном документе СП 50 [1] не представлено.

ВЫВОДЫ

1. В СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» необходимо внести пояснения об учете или не учете в расчете зон пола по грунту, попадающих на стену в грунте.

2. В СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» необходимо добавить описание как рассчитывались новые значения сопротивлений теплопередаче стен и пола в грунте.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Актуализированная редакция СНиП 2223-02-2003 с Изменениями 1, 2. М.: Стандартинформ, 2018; ФГБУ «РСТ», 2022.
2. Гнездилова Е.А. Совершенствование расчета теплопотерь через полы по грунту с современными конструкциями утепления. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет". 2021

3. Малявина Е.Г., Гнездилова Е.А., Левина Ю.Н. Расчетное сопротивление теплопередаче полов по грунту при современных способах теплозащиты // *Строительные материалы*. 2019. № 6. С. 44-48.
4. Малявина Е.Г., Иванов Д.С., Михеева Е.А. Сравнение результатов расчета теплопотерь заглубленных в грунт частей зданий по существующим инженерным методикам // *Естественные и технические науки*. 2015. № 6 (84). С. 549-552.
5. Сотников А.Г. Теплофизический расчет теплопотерь подземной части зданий // *АВОК*. - 2010. № 8. С. 62-67.
6. Кулжинский Ю.И. Определение теплопотерь через ограждающие конструкции подземных сооружений / М: ВИА, 1960. 64 с.
7. Дячек П. И., Макаревич С.А. Теплопотери через полы по грунту и заглубленные части зданий // *Техническое нормирование, стандартизация и сертификация в строительстве*. - 2009. - № 3. - С. 15-18.
8. Фролова А.А., Лухменёв П.И. Расчет уровня энергетически целесообразной теплозащиты // *Вестник МГСУ*. 2023. Т. 18. № 1. С. 82-90.
9. Малявина Е.Г., Фролова А.А. Зависимость уровня теплозащиты здания от структуры нагрузок на системы круглогодичного поддержания микроклимата // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2022. № 11 (767). С. 53-63.
10. Малявина Е.Г., Фролова А.А. Определение экономически целесообразной теплозащиты офисного здания со значительными теплоизбытками // *Сантехника, Отопление, Кондиционирование*. 2017. № 2 (182). С. 88-91.

ПОЛИМЕРНЫЕ РУКАВА КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД БЕСТРАНШЕЙНОГО РЕМОНТА ТРУБОПРОВОДОВ

В.А. Орлов¹, А.В. Горелов², А.М. Валитова³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹OrlovVA@mgsu.ru

²gorielov_a@mail.ru

³valitovaalina5@gmail.com

Аннотация

В статье рассматриваются задачи использования полимерных рукавов для решения вопросов эффективной реконструкции ветхих напорных трубопроводных сетей при минимальных денежных затратах на транспортировку воды. Объектом исследований является участок стальной водопроводной сети, который подлежит ремонтно-восстановительным операциям в связи с наличием в нем дефектов в виде коррозионных повреждений, утонения стенки и расхождения сварных швов. Целью исследований является описание эффективного метода ремонта трубопровода путем нанесения на его внутреннюю поверхность бесшовного многослойного полимерного рукава *Berolina*, позволяющего обеспечить последующую безаварийную работу трубопроводной сети в долгосрочной перспективе. В результате работы рассмотрены основные этапы реализации технологии *Berolina* и произведен расчет экономии электроэнергии при транспортировке воды на ремонтном участке соответствующей длины и диаметра после проведения восстановительных работ.

ВВЕДЕНИЕ

Старение подземных трубопроводных коммуникаций систем водоснабжения и водоотведения, широко используемых на объектах ЖКХ, приводит к различного типа дефектам, которые провоцируют негативные последствия для работы инженерных сетей [1]. Характерным признаком нарушения работы трубопроводов являются утечки воды, что отражается на величинах объемов транспортируемых вод, а также снижении пропускной способности сетей за счет появления на стенках труб наростов ржавчины и оседающих примесей, которые в свою очередь приводят к нежелательным биохимическим процессам, сопровождающимся выделением вредных запахов и ухудшением органолептических показателей воды [2]. Эффективным, оперативным и относительно доступным методом восстановления работы выходящих из строя трубопроводов является их ремонт с помощью бестраншейных технологий [3]. Среди значительного количества технологий бестраншейной реновации трубопроводов, к которым относится нанесение набрызгиваемых защитных покрытий, протаскивание в ветхие трубопроводы полимерных труб, навивочной технологии и других определенной место отводится многослойным полимерным рукавам, отверждаемым (полимеризуемым) после альтернативных операций, получивших название «выворота» и «раздува» [4]. При реновации (модернизации) ветхих напорных трубопроводов с помощью рукавных технологий должны быть обеспечены не только их соответствующие прочностные, но и энергетические показатели, отвечающие условиям долговременной работы сетей при минимальном потреблении электроэнергии на транспортировку жидкостей [5]. Для обеспечения минимального потребления электрической энергии при перекачке воды, т.е. создания условий эффективной работы напорных трубопроводов, в первую очередь должно быть обращено внимание на степень шероховатости используемых труб [6, 7].

Необходимо отметить, что способ «выворота» широко применяются в отечественной и зарубежной практике, а метод «раздува» пока не нашел должного распространения в нашей стране [8]. Таким образом, ознакомление с данным методом и реализацией его на

практике, в том числе, в целях экономии электроэнергии является актуальной задачей для служб эксплуатации трубопроводных сетей водоканалов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование включает аналитический и расчетный этапы, сопровождающие процесс реализации технологии нанесения полимерного рукава *Berolina*.

В целях освещения поставленных задач проведен обзор актуальной на сегодняшний день нормативно-технической документации и научной литературы, интернет-ресурсов, а также авторских наработок по расчету потребления электроэнергии при транспортировке воды до и после операций по реновации выборочного объекта (стального трубопровода) полимерным рукавом *Berolina*. В качестве образцового объекта восстановления рассматривается стальной трубопровод внутренним диаметром 0,6 м и протяженностью 300 м, залегающий на глубине 3,5 м. По предварительным расчетам с учетом модуля эластичности рукава E (3500 Н/мм^2) и предела прочности при изгибе δ (75 Н/мм^2) [9]. Для обеспечения несущей способности трубопровода толщина стенки полимерного рукава при данном диаметре и глубине залегания должна составлять 9,8 мм. Таким образом, внутренний диаметр восстановленного трубопровода составляет $0,6 - 2 \cdot 0,0098 = 0,5804 \text{ м}$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Аналитический этап.

В Германии в конце 90-х годов XX века была разработана и усовершенствована в дальнейшем технология *Berolina* для восстановления ветхих трубопроводных сетей методом «чулка», основанная на применении ультрафиолетового излучения для отверждения (полимеризации) гибкого полимерного рукава на внутренней поверхности труб. Производственный процесс *Berolina* сертифицирован в соответствии с международным стандартом DIN EN ISO 9001:2008.

Наиболее широкое применение данный метод нашел при реконструкции систем водоотведения в диапазоне диаметров от 150 до 1500 мм. На рисунке 1 представлен общий вид типичной многослойной рукавной конструкции *Berolina-Liners*.

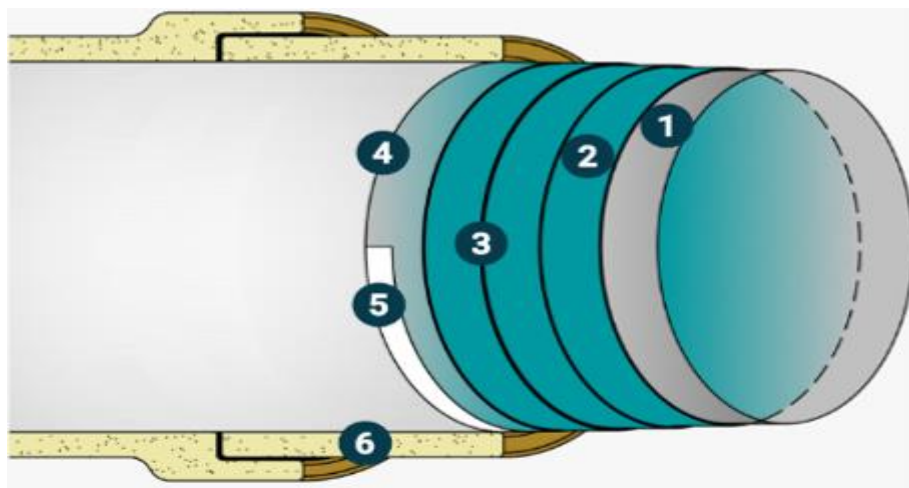


Рис. 1. Многослойная структура рукава *Berolina-Liner* с 5-ю слоями стеклоткани
1 – слой защиты от истирания; 2 – внутренняя пленка; 3 – слой из стекловолокна; 4 – наружный слой с защитной пленкой от ультрафиолета; 5 – слой безопасности конструкции; 6 – магистральная труба

Слой защиты от истирания (1) выполнен из полимера, устойчивого к механическому воздействию (истиранию). Внутренняя пленка (2) защищает последующие слои от контакта с водой и препятствует попаданию стирола, который выделяется при полимеризации смолы, в окружающую среду. Слой из стекловолокна (3), пропитанный высококачественными полиэфирными или винил-эфирными смолами, подвергается

полимеризации в процессе ультрафиолетового облучения. Наружный защитный слой (4), служащий для защиты от солнечного света в процессе хранения и транспортировки рукавной заготовки. Защитный слой усиленной безопасности (5), который обеспечивает прочность восстановленной конструкции и ее несущую способность. Высокая устойчивость защитного слоя подтверждена специальными испытаниями промывкой под высоким давлением.

Согласно технологическому регламенту по реализации технологии *Berolina* выделены четыре основные стадии процесса реконструкции трубопровода (рисунок 2) [10]:

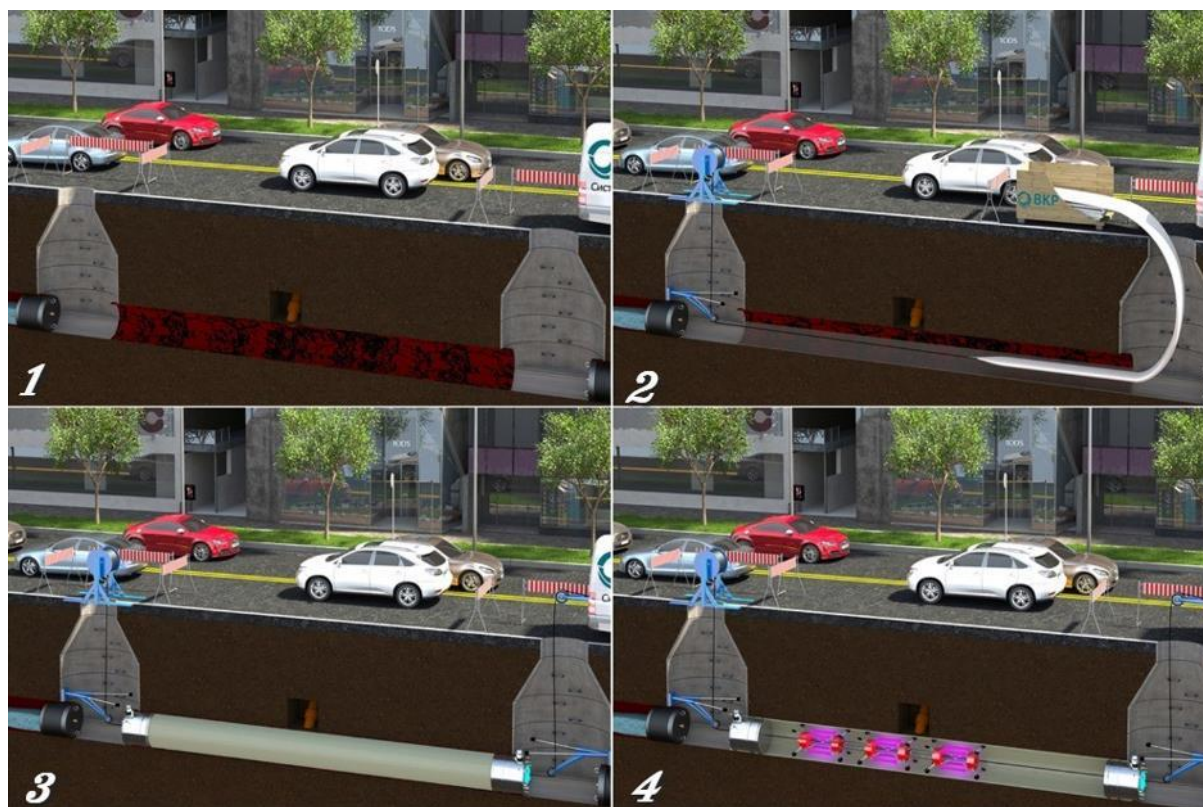


Рис. 2. Иллюстрация основных стадий процесса бестраншейной реконструкции трубопровода

Первый этап (1) включает отсоединение ветхого ремонтного интервала от основной сети резиновой заглушкой, проведение его телеинспекции, по результатам которой назначается метод очистки внутренней поверхности, реализуемую обычно с помощью механических скребков (при незначительном загрязнении) или с использованием гидродинамической промывки. Второй этап (2) заключается в протяжке композитного рукава в ремонтный участок с последующей герметизацией с обоих его концов специальными заглушками, оснащенными патрубками для подвода воздуха. Третий этап (3) состоит в контролируемой калибровке (т.е. раздува) рукава, что обычно выполняемая с помощью компрессора. Гибкий стеклопластиковый рукав раздувается воздухом, после чего он принимает форму восстанавливаемого трубопровода, плотно прилегая к его стенкам, образуя новую трубу внутри старой. Четвертый этап (4) заключается в отверждение стеклопластикового рукава с помощью ультрафиолетового излучения. После выполнения калибровки ультрафиолетовые излучатели, предварительно вставленные в рукав, протягиваются с одного конца в другой с заданной скоростью, контролируемой системой. Контроль качества производства работ по реновации ремонтного участка осуществляется посредством телекамер, установленных на ультрафиолетовых излучателях. После отверждения композитного рукава излучатели возвращаются в исходное положение, а заглушки демонтируются. Так в кратчайшие сроки в старой трубе создается новая, отличающаяся сверхвысокой прочностью и надежностью. Гладкая и стойкая к истиранию

внутренняя поверхность трубы в значительной степени функционально компенсирует небольшую потерю диаметра.

Необходимо отметить, что использование ультрафиолетового излучения позволило отказаться от термореактивных смол, которыми до этого пропитывались композитные рукава, используемые в технологии «выворота» рукавных заготовок и, как следствие, в значительной степени снизить чувствительность технологии к влиянию внешних факторов. Результатом применения фотореактивных смол, используемых при реконструкции рукавов с помощью ультрафиолетового излучения, явилось, прежде всего, увеличение сроков их хранения до 6 месяцев, а также устойчивость к изменениям температуры окружающей среды. В свою очередь, указанные выше преимущества позволили реализовать пропитку композитных рукавов в производственных условиях, что значительно повысило ее качество и сократило время проведения санации, в то время как пропитку термореактивными смолами приходилось обычно осуществлять своими силами непосредственно на строительном объекте.

С целью увеличения скорости отверждения и качества конечного продукта реновации параллельно с внедрением ультрафиолетового излучения в качестве катализатора процесса полимеризации были предприняты значительные изменения в конструкции самого композитного рукава. На смену иглопробивным стекломатам пришла стеклоткань, имеющая более высокие прочностные характеристики, что позволило в значительной степени снизить толщину стенки рукава и, как следствие, свести потерю рабочего сечения трубы в результате санации практически к нулю. Также важным результатом усовершенствования конструкции стеклопластикового рукава является снижение его веса за счет уменьшения толщины стенки, что заметно облегчило сам процесс санации.

Для предохранения от воздействия внешних факторов в процессе отверждения и для защиты от солнечного света в процессе хранения и транспортировки рукав *Berolina-Liner* упаковывается в многослойную комбинированную пленку. Кроме того, данная пленка препятствует попаданию стирола, выделяющегося при полимеризации в окружающую среду.

Основными особенностями, выделяющими данный метод реконструкции трубопровода от других вариантов реновации трубопроводов методами протаскивания полимерных рукавов или труб, являются:

- возможность осуществления работ независимо от среды, в которой находится, подлежащий реконструкции трубопровод (бетон, грунт, камень и т.д.);
- возможность осуществления работ не зависимо от материала, из которого изготовлена труба, подлежащая восстановлению;
- отсутствие необходимости разрушения коллекторов и демонтажа (уширения) люков канализационных колодцев;
- возможность проводить реконструкцию участков большой протяженности непрерывно;
- высокая степень адаптации новой трубы под изменяющееся сечение старой и т.д. [11].

На рисунке 3 представлены фрагменты восстановленных по технологии *Berolina* трубопроводов яйцеобразного и круглого поперечного сечения.



Рис. 3. Образцы фрагментов восстановленных трубопроводов

Расчетный этап.

Целью расчета являлось определение экономии электроэнергии в напорном трубопроводе, восстановленном по технологии *Berolina*, за счет уменьшения гидравлического сопротивления по длине трубы после операций по реновации старого трубопровода.

Исходные данные для расчета представлены выше в разделе настоящей статьи «Материалы и методы».

Годовая экономия электроэнергии на единицу длины трубопровода $\Delta \mathcal{E}_{1м}$ (кВт·ч) рассчитывается по формуле (1) [12]:

$$\Delta \mathcal{E}_{1м} = \frac{9,81 \cdot Q^3 (A_{стар} - A_{нов})}{\eta_{нас.устан}} \cdot 24 \cdot 365, \quad (1)$$

где Q – расход подаваемой трубопроводом воды, остающийся по требованию неизменным, м³/с; $A_{стар}$ и $A_{нов}$ – соответственно коэффициенты удельного сопротивления старого и нового (восстановленного полимерным рукавом) трубопроводов, с²/м⁶; $\eta_{нас.устан}$ – коэффициент полезного действия насосной установки; 24 – количество часов работы насоса в сутки, ч; 365 – количество дней в году; 9,81 - ускорение свободного падения, м/с².

Удельное сопротивление старой стальной трубы определяется по формуле (2):

$$A = 0,0017d_1^{-5,1359}, \quad (2)$$

где d_1 – диаметр старой стальной трубы 0,6 м

Удельное сопротивление нового трубопровода, восстановленного полимерным рукавом, определяется по формуле (3):

$$A = 0,0007d_2^{-5,2791}, \quad (3)$$

где d_2 – диаметр восстановленного трубопровода 0,5804 м.

Удельное сопротивление старой стальной трубы составляет:

$$A = 0,0017 \cdot 0,6^{-5,1359} = 0,023 \text{ с}^2/\text{м}^6.$$

Удельное сопротивление восстановленного полимерным рукавом трубопровода составляет:

$$A = 0,0007 \cdot 0,5804^{-5,2791} = 0,012 \text{ с}^2/\text{м}^6.$$

Для гидравлического расчета экономии электроэнергии необходимо задаться расходом Q , который можно принять равным 0,296 м³/с, что соответствует оптимальной скорости течения воды в стальном трубопроводе внутренним диаметром 0,6 м – 0,99 м/с (согласно данным таблицам Шевелева Ф.А.) [13]. Расчет производится при использовании совершенной насосной установки с коэффициентом полезного действия $\eta_{нас.устан} = 0,95$.

Таким образом, расчетное значение годовой экономии электроэнергии на единицу длины трубопровода составляет:

$$\Delta \mathcal{E}_{1м} = \frac{9,81 \cdot 0,296^3 (0,023 - 0,012)}{0,95} \cdot 24 \cdot 365 = 25,81 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Общая годовая экономия электроэнергии за счет уменьшения гидравлического сопротивления по длине трубы после операций по реновации старого трубопровода путем замены новым определяется по формуле (4):

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta \mathcal{E}_{1м} \cdot l, \quad (4)$$

где l – длина трубопровода, который подлежит реновации (300 м)

Таким образом, годовая экономия электроэнергии составляет:

$$\Delta \mathcal{E} = 25,81 \cdot 300 = 7743 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

ВЫВОДЫ

1. Представлено строение и рассмотрены этапы процесса реконструкции ветхих инженерных трубопроводов путем использования бесшовного многослойного полимерного рукава *Berolina-Liners*.

2. Приведены технические характеристики и преимущества технологии *Berolina* по отношению к другим модификациям нанесения тонкостенных полимерных рукавов.

3. Выполнен расчет экономии электроэнергии при транспортировке воды в напорном трубопроводе при определенных его диаметре и расходе воды, где за счет уменьшения гидравлического сопротивления восстановленной конструкции ветхого трубопровода достигается экономический эффект 25,81 кВт·ч на погонный метр.

4. Основными направлениями последующей работы может являться широкое внедрение бестраншейной технологии *Berolina* в практику водоканалов при рассмотрении альтернативных вариантов реконструкции трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Примин О.Г.* Утечки воды //Издательство ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2022. 167 с.
2. *Чутин Р.В. Нгуен Туан Ань.* Оптимальная реконструкция канализационных сетей // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 2. С. 58-68.
3. *Gunjan Shah, Jayeshkumar Pitroda* Trenchless technology: a new era towards underground utility construction // Engineering: Issues, opportunities and Challenges for Development. 2015. P. 1-8
4. *Отставнов А.А.* Современные материалы и технологии для реализации задач реформы ЖКХ // Журнал Сантехника. 2004. № 4. С. 2-4
5. *Лезнов Б.С.* Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздушных установках // М.: Энергоатомиздат. 2006. 359 с.
6. *Grossmann S., Lohse D.* Curvature effects on the velocity profile in turbulent pipe flow //Eur. Phys. J. E. 2017. No. 40. P. 16-19.
7. *Александров В.И., Гвоздев О.Б., Карелин А.Э., Морозов А.А.* Оценка влияния шероховатости внутренней поверхности гидротранспортных трубопроводов на величину удельных потерь напора //Журнал Горное оборудование и электромеханика. 2017. № 3 (130). С. 34-40
8. *Захаров Ю.С., Степанов М.А.* Санация внутридомовой канализации с использованием гибких полимерных рукавов BRAWOLINER //Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 7. С. 38-43
9. *Орлов В.А., Зоткин С.П., Пелипенко А.А.* Расчет толщины стенки гибкого полимерного рукава при реновации трубопроводов //Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017615864 от 30.05.2017
10. *Berolina-Liner. Customised GRP tube liners with unique expansion behaviour* <https://bkr-berolina.de/en/berolina-liner-system/berolina-liner/>
11. Восстановление (санация) трубопровода методом «чулка» <http://srv42267.ht-test.ru/sanatsiya-truboprovoda-metod-chulka.php>
12. *Орлов В.А.* Бестраншейные технологии и энергосбережение. Научное издание. – М.: Издательство АСВ, 2021. – 124 с.
13. *Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф.* Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справочное пособие. – 10-е изд., исправленное. М.: ООО«БАСТЕТ», 2014.-382.

АСПЕКТЫ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И МИКРОКЛИМАТА В ЗДАНИЯХ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД ГОДА

А.Г. Рымаров¹, Д.Г. Титков²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹rymarov@yandex.ru,

²titkov1000@gmail.com.

Аннотация

Для корректной работы инженерных систем формирующих микроклимат необходимо знать информацию о климате местности, в которой строится или построено здание. Данные о климате присутствуют в нормах. Но климат меняется и возможно, что нормы не успевают скорректировать и тогда системы, формирующие микроклимат могут не справиться с поставленной задачей, т.е. микроклимат в помещениях будет не соответствовать нормативным показателям, а люди будут испытывать дискомфортное состояние и техника может дать отказ в работе. Поэтому необходим анализ температуры наружного воздуха для понимания трендов изменения климата. В статье рассмотрен осенний период года и, в частности, переход температуры климата от августа к сентябрю и от сентября к декабрю за 5 лет. Для наглядности и понимания приведены линии трендов температуры для каждого рассматриваемого года, которые характеризуют состояние климата по температуре наружного воздуха. Резкие изменения климата могут иметь короткое время проявления 1-3-5 дней, а могут иметь более длительные изменения и инженерное оборудование может быть не готово к такому режиму работы и временно может измениться микроклимат в помещениях, что как правило не значительно влияет на самочувствие большинства людей, но в ряде случаев и при росте интенсивности работы в наше время такие изменения микроклимата не желательны.

ВВЕДЕНИЕ

Климат, окружающий здание определяет работу инженерных систем создающих микроклимат в помещениях зданий. Осенний период года в центральной части России и, в частности, в г. Москве характеризуется не стабильностью, что важно для состояния микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий. Необходим анализ климата для определения необходимости включения систем отопления в зданиях в осенний период в ранние или поздние сроки. Нормативные документы не позволяют найти решение холодной осени, когда среднесуточная температура наружного воздуха приблизилась к 8 °С, но на 1-2 градуса выше 8 °С, когда формально отопительного периода нет, но в помещениях холодно и внутренних тепловыделений не хватает для поддержания требуемой или комфортной людям температуры воздуха в помещениях. Кратковременное ухудшение параметров микроклимата и главное температуры внутреннего воздуха где-то приемлемо, а где-то нет. Большинство людей могут преодолеть небольшое ухудшение параметров микроклимата, но если оборудование требует строгого соблюдения параметров микроклимата, то должно применяться резервирование его работы, при котором будет добавлена соответствующая мощность для корректной работы инженерных систем, обеспечивающих микроклимат в помещениях. Когда микроклимат находится в пределах нормативных значений, люди больше уделяют времени работе, не отвлекаются от работы, растет производительность и эффективность труда.

Чтобы микроклимат в помещениях зданий соответствовал нормативным значениям необходимо чтобы здание сопротивлялось колебаниям температуры окружающего климата, что определяет тепловая защита здания. Тепловая защита здания может усиливаться для зданий прошлых лет постройки при капитальных ремонтах [1,2].

Необходимость увязывания климата с микроклиматом и тепловой защитой здания известна, данной теме посвящены исследования в наше время [3,4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор данных о температуре наружного воздуха производился на основе открытой информации по мониторингу климата в г. Москве. Проводился анализ среднесуточной температуры воздуха на основе расчетов. Так как общая картина изменения температуры климата носит характер с резкими колебаниями, то проведена линеаризация и построены линии тренда, показывающие характер и направление изменений климата во времени.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ температурного режима проводился для климата в г. Москве. Собраны климатические данные по средней за сутки температуре наружного воздуха в период с 1 августа по 31 сентября за 2019-2023 годы. Результаты обработаны путем построения средней линии и построения трендов изменения температуры (рис. 1), которые показывают характер перехода от летнего климата к осеннему климату с понижением температуры. На рисунке 1 видно, что в разные годы неодинаково происходит снижение температуры наружного воздуха, за рассмотренные 5 лет диапазон температуры наружного воздуха на последний день сентября находится в пределах от 7 до 14,5 °С. Из рассмотренных 5 лет 2020 и 2023 годы оказались теплыми, а 2021 и 2022 годы оказались холодными и 2019 год между ними.

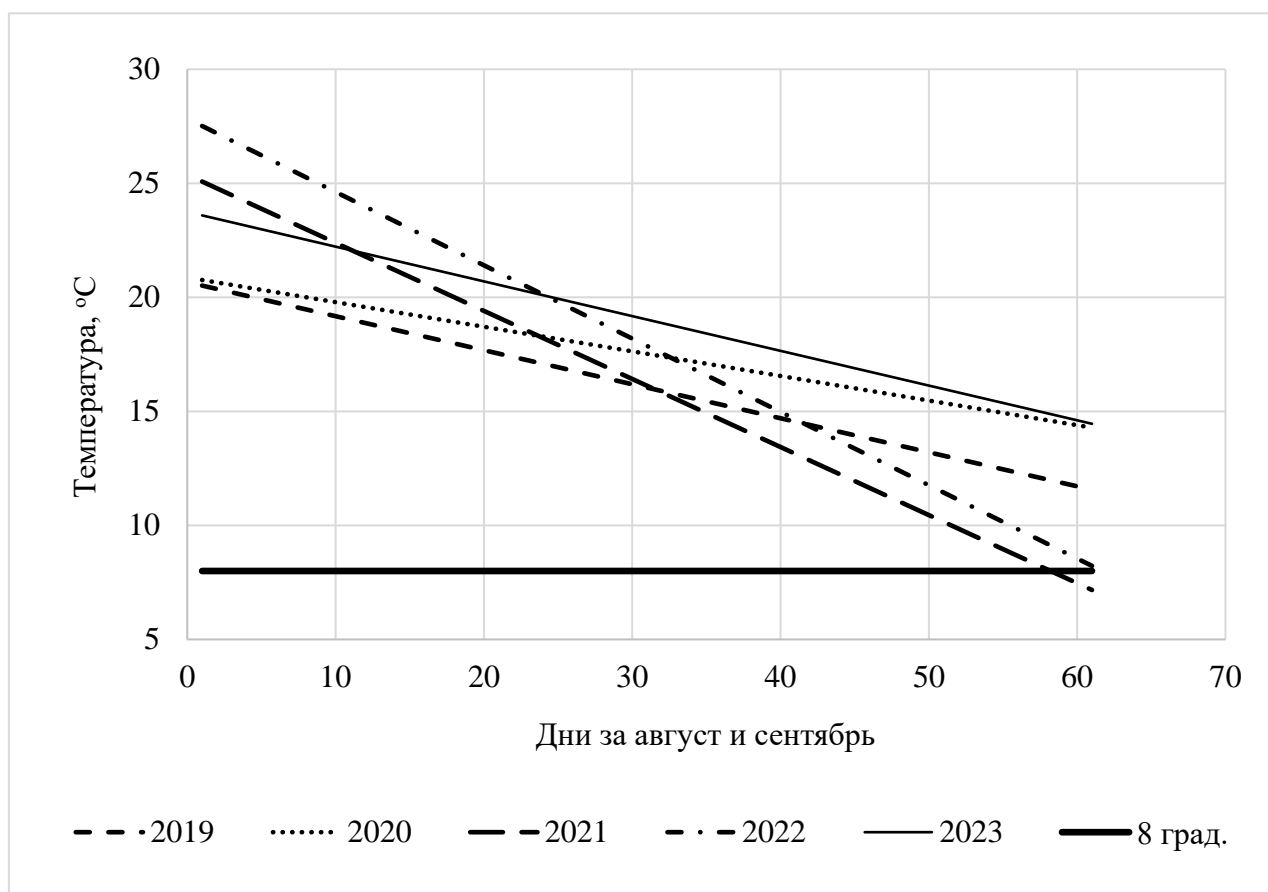


Рис. 1. Тренды изменения температуры наружного воздуха с 1 августа по 30 сентября в 2019 - 2023 годы.

В одни годы мягче происходит снижение температуры наружного воздуха, что позволяет организму человека постепенно перестроиться на осенне-зимний режим жизни, в другие годы происходит резкое снижение температуры с получением дискомфортного температурного режима в помещениях.

Для анализа климата для г. Москвы в период с 1 сентября по 31 декабря за 2018-2022 годы построены линии трендов изменения температуры для каждого года (рис. 2). Рассматриваемые тренды изменения температурного режима наружного воздуха носят близкий по наклону характер с некоторым смещением по оси времени, что показывает более или менее раннее время наступления холодного периода года при сравнении с температурой 8°C. Пересечение линий трендов с линией температуры 8 °С происходит в октябре для всех рассматриваемых годов, для 2021 и 2022 годов немного раньше, а для 2019 и 2020 годов позже, что говорит о более или менее теплой осени. Смещение линии трендов в сторону ноября говорит о потеплении климата, так как из 5 лет 3 года сместились ближе к ноябрю, что может быть временным явлением, а может иметь долгосрочную тенденцию.

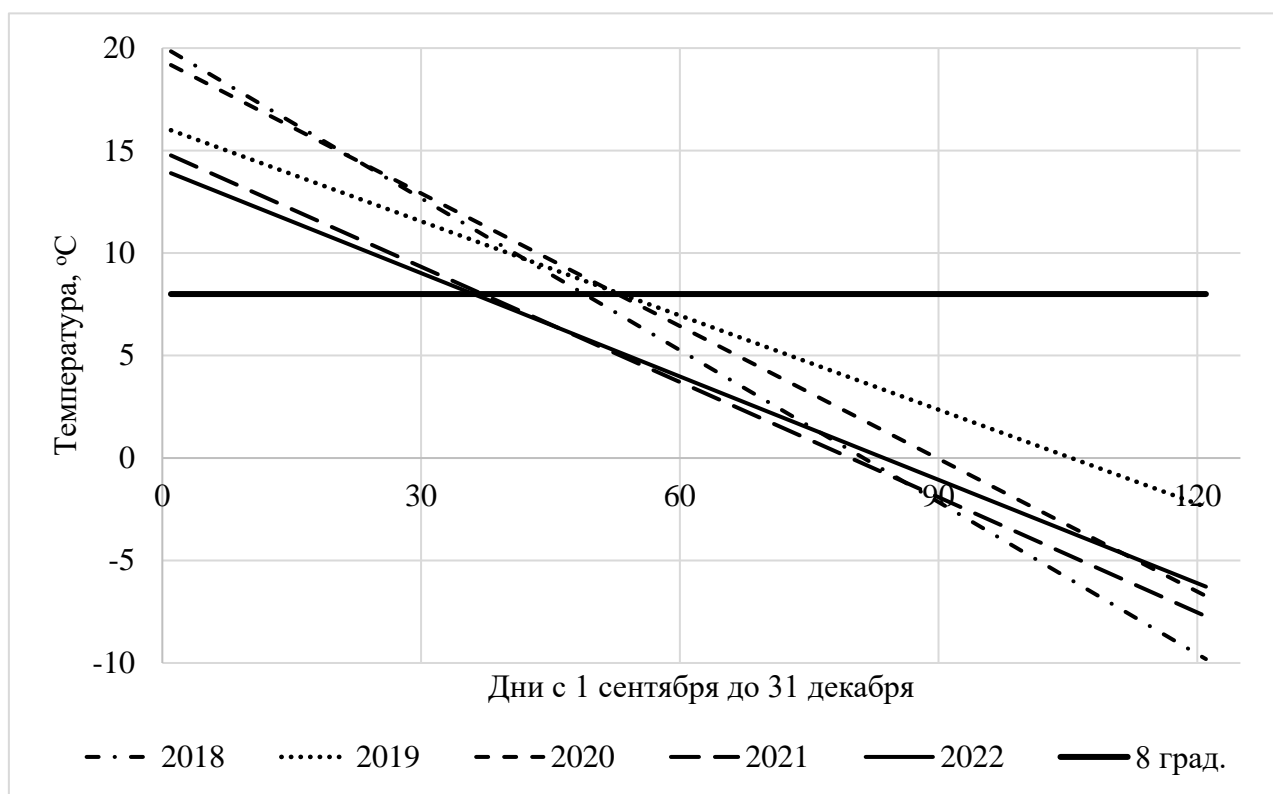


Рис. 2. Тренды изменения среднесуточной температуры наружного воздуха с 1 сентября по 31 декабря в 2018 - 2022 годы.

ВЫВОДЫ

Неприятными являются аспекты резкого перепада температуры и длительного состояния среднесуточной температуры наружного воздуха со значениями немного выше 8 °С, что формально разрешает не включать систему отопления, но фактически в помещениях жилых и общественных зданиях становится холодно, люди болеют, и работоспособность снижается. Такой период осенью может продолжаться в сентябре, октябре и даже в ноябре, что требует пересмотра норм, при которых включается отопление. Возможно необходимо включать отопление в переходный период года не на постоянную основу, а например вечером и ночью, и не во всех комнатах квартиры, а в помещениях общественного здания утром в начале рабочего дня.

Площадь жилых помещений в зданиях за последние 50 лет стала больше и соответственно бытовых тепловыделений стало недостаточно, чтобы поддерживать требуемую температуру внутреннего воздуха при температуре наружного воздуха 8 °С, что приводит к необходимости раньше начинать отопительный период.

Несмотря на то, что большинство зданий в РФ построены с наружными ограждениями с инерционностью 5 суток, остывание или нагрев здания включает в себя весь массив

ограждающих конструкций как внутренних, так и наружных, а также элементов интерьеров помещений, температурный режим которых влияет на температуру воздуха и результирующую температуру во всех помещениях и поэтому данный процесс может длиться 10 и более суток [5,6]. Поэтому после включения системы отопления сразу не станет комфортно в помещениях, а только по прошествии периода около 10 дней.

В многоквартирных домах люди сами могут выбирать начало отопительного сезона в зависимости от того теплая осень или нет [7]. В многоквартирных домах при централизованном отоплении и теплоснабжении выбирать начало отопительного периода не получится, хотя многие люди готовы оплачивать дополнительные расходы на отопление или уже оплачивают, применяя электрообогрев помещений, но при этом необходимо отметить, что перетоки теплоты между помещениями и между квартирами через внутренние ограждающие конструкции здания трудно учесть, а теплоизолировать квартиры внутри здания между собой сложно и дорого.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бодров, М.В. Бодров В.И., Кузин В.Ю., Морозов М.С. Повышение тепловой защиты серийных многоквартирных жилых домов из трехслойных панелей при проведении капитального ремонта // Приволжский научный журнал. 2018. № 4. С. 40–47.
2. Бодров, М.В., Кузин В.Ю., Морозов М.С. К вопросу повышения энергетической эффективности систем обеспечения микроклимата жилых домов при проведении капитального ремонта // Приволжский научный журнал. 2018. № 2. С. 36–41.
3. Малявина Е.Г., Фролова А.А. Зависимость уровня теплозащиты здания от структуры нагрузок на системы круглогодичного поддержания микроклимата // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2022. № 11 (767). С. 53–63.
4. Малявина Е.Г., Маликова О.Ю. Сравнение исходной климатической информации для расчетов сезонного энергопотребления аппаратами кондиционирования воздуха // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2022. № 10 (766). С. 37–45.
5. Рымаров А.Г. Анализ тепловой массивности и теплопередачи наружных стен здания / А.Г. Рымаров // В сборнике: Актуальные проблемы строительной отрасли и образования - 2021. Сборник докладов Второй Национальной научной конференции. Москва. 2022. С. 984–989.
6. Рымаров А.Г., Титков Д.Г. Влияние массивности окружающего грунта на тепловой режим подземного коллектора для инженерных коммуникаций // Естественные и технические науки. 2015. № 6 (84). С. 563–564.
7. Рымаров А.Г., Титков Д.Г. Индивидуализация работы системы отопления в жилых зданиях // Приволжский научный журнал. 2021. № 2 (58). С. 92–97.

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЬДОАККУМУЛЯТОРА В СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Д.А. Едуков, В.А. Едуков, Д.А. Павлов

*ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, Самарская область, город Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244,
inbox163@inbox.ru*

Аннотация

Данная статья посвящена проблеме повышения энергоэффективности при работе системы кондиционирования воздуха (СКВ). Выполнен анализ существующих СКВ и указаны достоинства и недостатки каждого из способов реализации СКВ. Предметом исследования в данной статье являются режимы использования льдоаккумулятора, применяемого в системе кондиционирования, который позволяет увеличить энергоэффективность за счет работы в условиях низких температур конденсации. Также разработана принципиальная схема использования льдоаккумулятора, позволяющая работать в трех режимах: аккумулярование холода в льдоаккумуляторе, чиллер-фанкойл и льдоаккумулятор – теплообменник. Применение разработанной принципиальной схемы позволит выполнить оптимизацию проектных решений, увеличить энергоэффективность при работе СКВ и расширить возможности за счет работы в различных режимах эксплуатации.

ВВЕДЕНИЕ

В современных офисных зданиях существует высокий уровень тепlopоступлений, обусловленный архитектурными решениями с большой площадью остекления фасадов, использованием стен с низкой инерцией, интенсивным искусственным освещением и большим количеством мощной офисной техники и серверов, которые круглосуточно выделяют тепло в большом количестве. Одновременно из-за постоянной нагрузки от освещения, людей и офисной техники, даже в холодное время года необходимо обеспечить охлаждение внутренних зон. Из-за большой площади офисных помещений, их разнообразной планировки и различных нагрузок на систему кондиционирования воздуха, а так же потребности в индивидуальной регулировке температуры в каждом помещении, нужно придерживаться определенных требований к СКВ. Кроме того, использование остекления для повышения теплоизоляции и борьбы с шумом и загрязнением воздуха вокруг здания создает необходимость очистки и обработки наружного воздуха для подачи его в помещения [1,2,3,4].

В настоящее время одной из актуальных и первостепенных задач является повышение энергоэффективности инженерных систем. На СКВ приходится значительная часть установленной мощности электрооборудования современного здания практически любого назначения. Особенно высокие расходы по электроэнергии наблюдаются в летние месяцы в периоды максимальной загрузки компрессоров СКВ [5,6,7]. Поэтому поиск оптимальных решений при проектировании и разработке принципиальных схем СКВ является первостепенной задачей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящее время применяются три группы способов кондиционирования офисных зданий, они представлены в таблице 1.

Табл. 1. Анализ наиболее распространенных СКВ офисного здания

№ № п/п	Наименование	Достоинства	Недостатки
1	VRV-системы кондиционирования	1. Поэтапный ввод в эксплуатацию при наличии очередей строительства объекта.	1. Высокая стоимость эксплуатационных затрат, в связи с большим объемом заправки системы хладагентом и сложности при поиске утечек фреона.
		2. Возможность индивидуальной настройки внутренних модулей, используемых в разных режимах.	2. Ограничения по мощности внутренних блоков.
		3. Наиболее выгодный вариант при мощности системы кондиционирования менее 500 кВт.	3. Высокая стоимость строительно-монтажных работ из-за протяженных фреоновых трасс.
		3. Меньший уровень звукового давления как внешних, так и внутренних блоков.	3. Необходимость перезаправки, вакуумирования большой протяженности фреонопроводов.
		4. Возможность работы на обогрев помещений без удорожания и усложнения системы.	
2	Системы чиллер-фанкойл	1. Возможность круглогодичного и автоматизированного поддержания требуемых параметров воздуха в каждом из помещении при постоянном изменении нагрузки на СКВ.	1. Расход электроэнергии на привод насосов.
		1. Отсутствие протяженных фреоновых трасс.	
		2. Неограниченные возможности по максимальной мощности СКВ.	2. Высокая квалификация проектировщиков и знание особенностей эксплуатации холодильного контура чиллера.
		3. Возможность изменения конфигурации внутренних блоков (фанкойлов).	3. Сложная гидравлическая обвязка: насосы, запорная арматура, промежуточные теплообменники и т.д.;

окончание табл. 1

		4.Отсутствие ограничений перепадов высот и длин магистралей;	
3	Система чиллер-фанкойл с использованием льдоаккумулятора	1. Меньшая требуемая холодопроизводительность за счет аккумулирования холода в ночной период времени.	1. Большие габариты из-за наличия аккумулятора холода и дополнительных теплообменников.
		2. Увеличение энергоэффективности за счет использования эксплуатации при низких температурах конденсации.	2. Необходимость дополнительного контроля технологического процесса.
		3.Снижение стоимости эксплуатации оборудования за счет ночных тарифов на электроэнергию.	3. Более сложный технологический процесс.
			4. Большой объем капитальных затрат на этапе строительства.

Мульти-сплит система (1 группа) применяется как правило либо при полной реконструкции здания, либо при новом строительстве офисов. Число внутренних блоков такой системы может достигать 30 шт, а длина трассы 150 м. Плюсами системы является удобство монтажа и эксплуатации, а минусами — её неизменность.

Вторая группа представляет собой систему чиллер-фанкойл с сетью трубопроводов по которым течет холодная вода. Данная система состоит из внутренних (фанкойл) и внешних (чиллер) блоков. Чиллер – это холодильная машина (источник холода). Количество фанкойлов не ограничено и зависит только от мощности чиллера, как и не ограничено расстояние между фанкойлами и чиллером, т.к. оно определяется мощностью насосной станции.

Третья группа представляет усовершенствованную систему чиллер-фанкойл с добавлением льдоаккумулятора и промежуточных теплообменников, которая позволяет уменьшить мощность чиллера, а также снизить эксплуатационные расходы на систему СКВ.

Анализирую таблицу 1, можно сделать вывод, что наиболее энергоэффективным способом кондиционирования является система чиллер-фанкойл с использованием аккумуляторов холода. Это позволит значительно снизить стоимость услуг энергоснабжения [8].

В летний период тепловая нагрузка зачастую неравномерна, что способствует большей нагрузке на оборудование СКВ. Применение льдоаккумуляторов в системе чиллер-фанкойл позволит избавиться от неравномерной работы оборудования.

Если рассматривать ситуацию, при которой аккумуляторы холода заполняются только в ночное время, то необходим очень большой объем самих аккумуляторов, что обычно не позволяет выделить для оборудования пространство.

Поэтому целесообразно рассмотреть вариант работы системы в трех режимах, что позволит подобрать оборудование меньшей мощности, вывести его на постоянную рабочую нагрузку и снизить резкие перепады в работе.

Использование меньшей по мощности холодильной машины способствует снижению затрат на ее техническое обслуживание, уменьшает стоимость дополнительного электрического оборудования и снижает плату за установленную мощность. Благодаря равномерной выработке холода в течение суток, нагрузка на электросети уменьшается.

Льдоаккумулятор представляет собой емкость с теплоизоляцией, внутри которой находится трубчатый теплообменник (рис. 1.). Теплообменник состоит из отдельных кассет. Специальные коллекторы объединяют кассеты, образуя единый теплообменник. Каждая кассета представляет собой змеевик из труб, расположенных определенным образом.

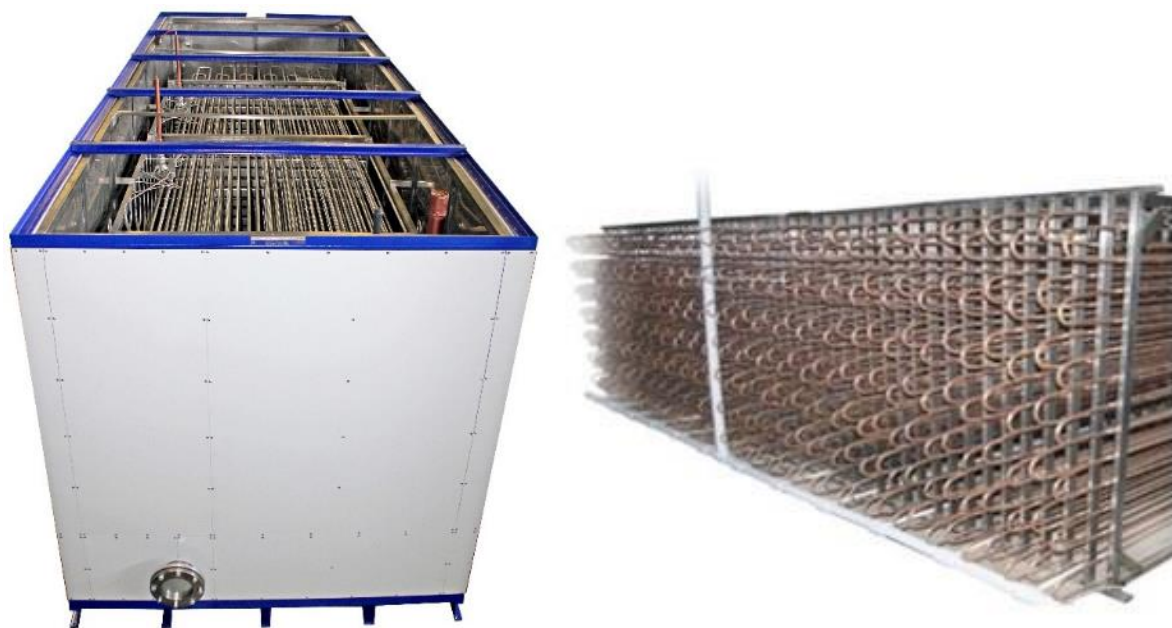


Рис. 1. Льдоаккумулятор

Принцип действия аккумулятора холода заключается в следующем: в аккумуляторе находится вода, а в трубках теплообменника циркулирует хладагент с отрицательной температурой. Это приводит к образованию ледяного слоя на поверхности трубок теплообменника, при этом датчики контролируют его толщину. Этот процесс можно назвать «зарядкой» аккумулятора. Когда нагрузка на систему кондиционирования достигает максимальных значений, аккумулятор включается и происходит его «разрядка». В результате таяния льда на поверхности трубок, основной контур (вода) охлаждается.

Использование льдоаккумулятора значительно уменьшает необходимую мощность холодильной машины, так как «освобождает» его от работы в часы пиковых нагрузок. Однако это требует дополнительной автоматизации системы и увеличения числа насосных групп из-за необходимости установки промежуточного теплообменника между контурами циркуляции воды и этиленгликоля.

Применение льдоаккумулятора целесообразно для холодоснабжения помещений, имеющих неравномерную тепловую нагрузку в дневное и ночное время, что позволяет значительно снизить затраты на их эксплуатацию.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для третьего вида системы холодоснабжения - система чиллер-фанкойл с использованием льдоаккумулятора возможны различные режимы работы, представленные в таблице 2.

Табл. 2. Режимы работы СКВ с льдоаккумулятором

Режим работы	Особенности работы
Аккумуляирование холода в льдоаккумуляторе	Режим используется ночью при отсутствии нагрузки на систему кондиционирования
Чиллер-фанкойл	Режим используется в утреннее и вечернее время во время отсутствия пиковых нагрузок
Льдоаккумулятор - теплообменник	Режим используется во время пиковых нагрузок на систему кондиционирования

Принципиальная схема СКВ, позволяющая объединить все три режима эксплуатации представлена на рисунке 2.

Система кондиционирования двухтрубная с независимыми гидравлическими контурами.

В первом контуре «чиллер-льдоаккумулятор», который работает в ночное время, циркулирует незамерзающий водный раствор этиленгликоля с температурой -15°C . Циркуляцию раствора обеспечивает циркуляционный насос (основной или резервный). При этом в льдоаккумуляторе на стенках труб образуется лед, за счет отрицательной температуры хладагента.

Второй контур «льдоаккумулятор-теплообменник» работает в дневное время, в часы пиковых нагрузок, за счет «разрядки» аккумулятора холода. При этом этиленгликоль движется до промежуточного теплообменника с отрицательной температурой, а между промежуточным и основным теплообменником с температурой около 0°C . Это позволяет не заморозить воду, циркулирующую в контуре «основной теплообменник-фанкойлы».

Третий контур «чиллер - фанкойл) работает в дневное время, в часы отсутствия пиковых нагрузок на систему кондиционирования. Этот контур представляет собой стандартное исполнение системы чиллер-фанкойл. В нем циркулирует этиленгликоль с температурой около 0°C .

Смена режимов работы системы происходит автоматически путем изменения направления движения хладагента, за счет переключения четырехходового и трехходовых клапанов.

Для снижения частоты включения и выключения чиллера в системе предусмотрены баки-аккумуляторы. Их объем зависит от емкости системы холодоснабжения и расхода циркулирующего теплоносителя.

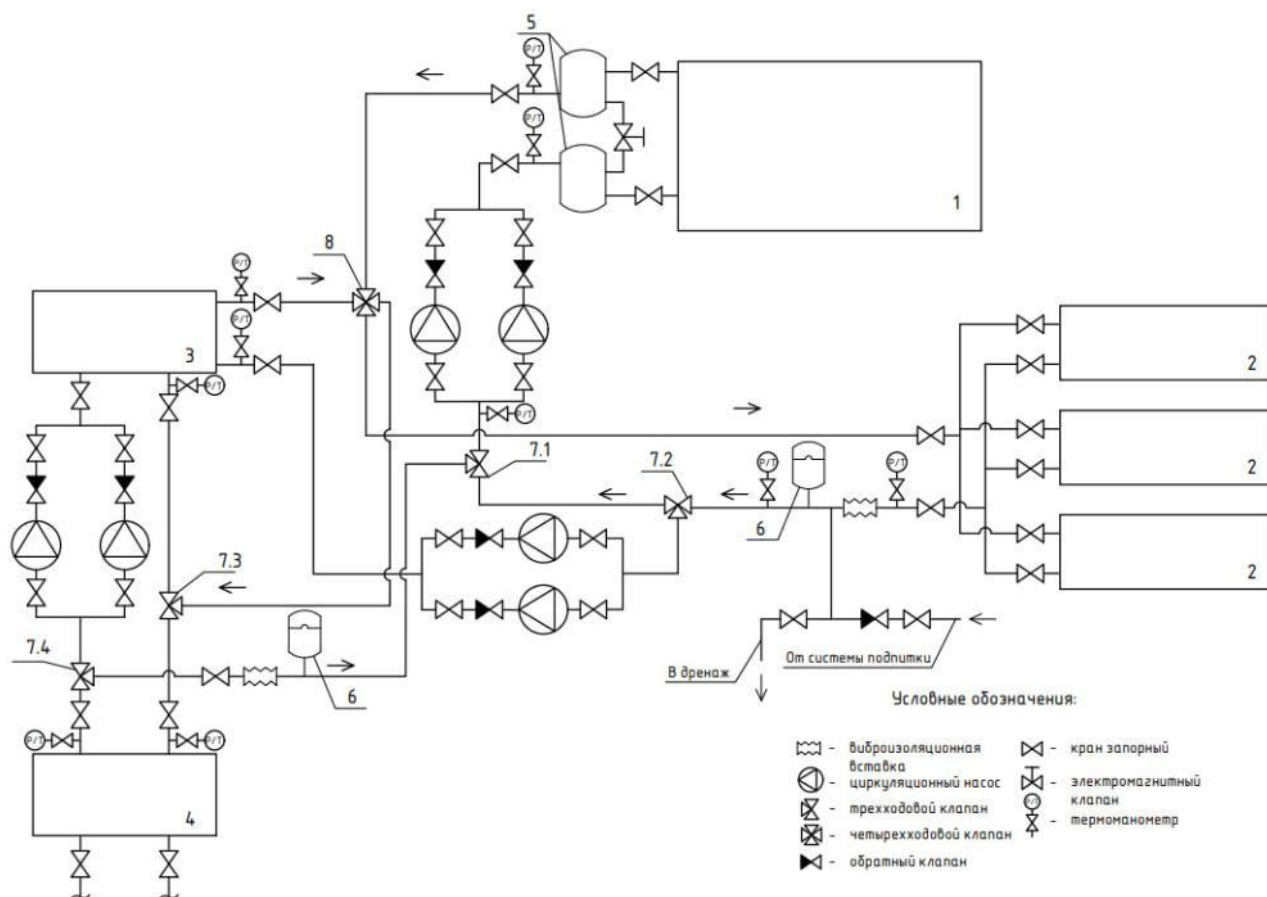


Рис. 2. Схема СКВ чиллер-фанкойл с льдоаккумулятором: 1 – чиллер; 2 – аккумуляторы холода; 3 – промежуточный теплообменник; 4 – основной теплообменник; 5 – баки аккумуляторы; 6 – расширительный бак, 7.1, 7.2, 7.3, 7.4 – трехходовые клапаны, 8 – четырехходовой клапан.

После каждой насосной станции установлены обратные клапаны для предотвращения возвращения хладагента и выхода из строя насосной группы из-за обратного потока. Так же в системе установлены термоманометры – приборы для одновременного измерения и контроля давления и температуры.

Применение данной схемы позволит оптимизировать проектные решения, влияющие на стоимость дальнейшей эксплуатации СКВ, а также уменьшить стоимость первоначального договора на технологическое присоединение к сетям электроснабжения за счет меньшей установленной и расчетной мощности основного электрооборудования – компрессора.

ВЫВОДЫ

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод, что применение СКВ чиллер-фанкойл с льдоаккумулятором может повысить энергоэффективность всей системы холодоснабжения, а применение трех режимов работы этой системы способствует повысить надежность и уменьшить габаритные размеры льдоаккумулятора. Это позволяет экономить значительную часть средств как при покупке оборудования, так и в процессе его эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дуболазова, Л. В. Системы кондиционирования воздуха: история, типы, принцип работы / Л. В. Дуболазова // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2009. – № 21. – С. 353-360. – EDN OCVTIP.
2. Дуболазова, Л. В. Особенности систем кондиционирования воздуха VRV, VRF и чиллер-фанкойл / Л. В. Дуболазова // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: Материалы V Международной научно-технической конференции. В 2-х частях, Владивосток, 22–24 мая 2018 года. – Владивосток: Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2018. – С. 132-136. – EDN YNEAJV.
3. Нимич Г. В., Михайлов В.А. Современные системы кондиционирования и вентиляции воздуха– 2013. – С. 624.
4. Белова Е.М. Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фанкойлами. М. Евроклимат; Техносфера, 2006. 399 с.
5. Белова, Е. М. Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях / Е. М. Белова. – М.: ЕВРОКЛИМАТ, 2006. – 639 с. – ISBN 5-94447-009-7.
6. Изельт П., Арндт У. Кондиционирование воздуха. Сплит- и VRF-мультисплитсистемы. М.: Техносфера, 2011. 336 с.
7. Пигарев В.Е., Архипов П.Е. Холодильные машины и установки кондиционирования воздуха –2012. – С.424.
8. Брух, С. В. Обзор современных систем кондиционирования воздуха: бытовые настенные сплит-системы / С. В. Брух // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2019. – № 5(209). – С. 48-52. – EDN QRQCUE.

КОМПЛЕКТОВАНИЕ ПАРКА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ СНОСА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Д.Ю. Густов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
GustovDU@mgsu.ru

Аннотация

Рассмотрены вопросы по формированию парка машин, применяемого для сноса и демонтажа зданий и сооружений, а также переработки строительного лома согласно практикам производства означенных работ в России. Проведён анализ существующих разновидностей рабочего оборудования и машин специального и универсального назначения. Предпринята попытка упорядочения используемой терминологии с учётом мировой и российской практик.

Рассмотрены варианты конструктивного исполнения различных по функционалу средств сноса. Показана некорректность применения термина «гидроножницы» к всему перечню оборудования, используемого в настоящее время под этим термином. Рассмотрены варианты конструктивного исполнения, области применения и функциональных преимуществ первичных и вторичных бетоноломов. Рассмотрены конструктивные исполнения и предназначение захватов (губок) мультипроцессоров (многофункциональных устройств). Показана целесообразность унификации применяемых терминов и обозначения для облегчения текстового обозначения используемого оборудования.

ВВЕДЕНИЕ

Производство демонтажных работ, а также работ по сносу зданий и сооружений стало крайне распространённым видом работ. Это касается не только работ в зонах реконструкции или строительства в районах обветшавших зданий и сооружений. Последнее время это особо актуально при проведении строительства в зонах восстановления объектов после их обрушения в результате техногенных катастроф различного генеза, катастроф, природных бедствий, социальных конфликтов и т.п.

Вопросы производства работ в конкретных условиях, оптимизация комплектов машин для различных условий и технологических схем [1], а также экологические аспекты производства работ [2] рассматриваются в наших публикация уже не первый год. При этом постоянно приходится сталкиваться с тем, что даже некоторые специалисты отрасли сноса и демонтажа зданий, отлично понимая принципы работы того или иного оборудования, технологические преимущества и т.д. используют неустоявшиеся термины и определения, и зачастую оперируют не типами рабочего оборудования, а конкретными маркам.

Ещё более плачевная ситуация у специалистов, несвязанных напрямую со сферой сноса и демонтажа. Постоянное к месту и не к месту использование и совмещение терминов «измельчитель», «дестроейр», «крашер», «мультипроцессор» создаёт неразбериху. При комплектowaniu парка строительных машин для сноса конкретного здания зачастую формируется неправильная совокупность оборудования. Некоторое рабочее оборудование дублирует друг друга, а некоторое крайне неэффективно для текущих условий. При этом для большинства пользователей все эти и конструктивно, и функционально разные средства имеютя «гидроножницами».

Эта ситуация характера как для специалистов отраслевиков, так и в академическом сообществе. Вред последнего усугубляется тем, что эта неразбериха переносится на студентов, формируя у них в корне неправильное представление о применяемом демонтажном оборудовании. В результате чего комплектовани парка демонтажного оборудования проводится неверно в силу отсутствия понимания.

Отмеченное стало основанием для начала работ по терминологическому обобщению применяемого оборудования для сноса и демонтажа с целью повышения качества (целостности функционального обеспечения) комплекта машин и оборудования, формируемого строительными и специализированными демонтажными организациями.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При обосновании комплектования парка машин для сноса зданий и сооружений используются существующая практика применения машин и специального оборудования как на территории Российской Федерации, так и за её пределами. Практика применения названий/обозначения оборудования и его функционала рассматривается с учётом конструктивных особенностей и практики ряда мировых лидеров, а в частности Caterpillar [3], HammerMaster [4], Hydraram [5] и др.

Практика применения терминов в России на сегодня не является устоявшейся. Нормативная документация по данному вопросу отсутствует. Термины и определения совмещенные/смешанные.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведённый анализ показал, что в мировой практике также отсутствует единое терминологическое единство. Большинство компаний для комплектования парка машин и оборудования предлагают полный комплект техники для демонтажа. В этой ситуации эксплуатирующая компания переходит на терминологию компании поставщика.

При этом во внутренней документации может фигурировать типологическая аббревиатура: например, гидрожницы типа HMR, HRC, HSC или HCSUP.

Ряд компаний в последнее время существенно ограничили доступ к большинству своих материалов в части демонтажа. Данная информация сведена к минимуму у одного из лидеров данного типа оборудования – Hitachi Construction Machinery [6]. При этом некоторая перспективная информация удалена полностью, в том числе и для японских пользователей. В частности на сайте компании скрыта информация об Advanced System with Twin Arms for Complex Operations (ASTACO). Информация косвенно находится в давних публикациях в сторонних источниках [7].

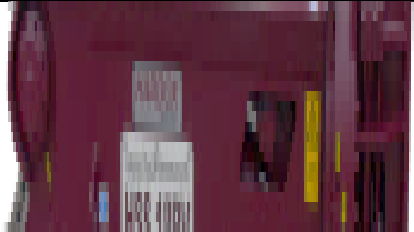




Основное ключевое несоответствие сути и терминов оборудования для сноса зданий и сооружений заключается в том, что практически всегда для обозначения широкой группы оборудования применяется объединённый термин «гидрожницы», несмотря на то, что при сносе зданий собственно гидрожницы практически не применяются. Указанное обусловлено инерционностью системы, когда наиболее ранний по времени применения термин был обобщён на последующее похожее по внешнему виду оборудование.

Так, первоначальное «shears» (ножницы; здесь и далее – перевод слова, а не смысловое определение оборудования) было распространено даже на похожие, в том числе и по функционалу, «croppers» (обрезчики), «cutters» (резчики) и даже «dismantlers» (разборщики). Указанное отчасти верно, так как в принцип работы всех означенных устройств положен принцип двух лезвийного разделения металлической продукции (чаще всего листовой или прокатной).

Последующее распространение термина «ножницы» на «crushers» (дробители) не удачно, так как «crushers» не режут, а раскалывают / дробят. Схожий с «crushers» термин «pulverizer» (в том числе «primary pulverizer» и «secondary pulverizer»), а также многофункциональное устройство «multiprocessors» не нашли повсеместно применяемой терминологической размены и многими называются в формате транслитерации «пульверайзерами» и «мультипроцессорами»

С целью корректности комплектования парка машин специализированным под отдельные задачи оборудованием, рассмотрим общую группу средств (см. табл.1.), для которой термин «ножниц»/«гидрожницы» корректен.

Табл. 1. Гидроножницы для сноса и демонтажа зданий и сооружений

№ п/п	Наименование рабочего оборудования	Внешний вид
1.	Гидроножницы для резки металлолома Scrap shears	
2.	Гидроножницы для резки резервуаров Tank Shears	
3.	Гидроножницы для ресайклинга Multi-recycler	
4.	Гидроножницы для резки рельс Rail croppers	
5.	Гидроножницы комбинированные Combi cutters	



Наиболее универсальным оборудованием из представленных (см. табл.1) являются комбинированные гидроножницы, которые могут заменить практически все другие типы ножниц за исключением гидроножниц для резки рельс. Последние являются наиболее узкоспециализированными и не могут практически бессмысленны для иных работ.

Несмотря на то, что гидроножницы для ресайклинга и гидроножницы для резки резервуаров очень похожи, характер их закрепления на рабочем оборудовании различается согласно принципу производства работ: ножницы для ресайклинга располагаются вертикально, чтобы режущая часть была горизонтальна, а ножницы для резервуаров – наоборот, - ножницы горизонтально, а лезвия вертикально. Также отличается и подвижность режущих щёк и их конструкция. Указанные варианты гидроножниц малозаменяемы.

Похожесть ножниц для резки металлолома и непредставленных в таблице ножниц для разборки автомобилей также не позволяет использовать их друг вместо друга. У автомобильных разборщиков ножи значительно тоньше и не смогут разрезать толстые листы металла, а ножницы по металлолому не смогут провести точно отделение частей машины одну от другой.

Наиболее широко применяемую группу средств для разрушений зданий и сооружений из бетона и железобетона (панельных, блочных, монолитных), а также из кирпича и др. составляют бетоноломы (см. табл.2). Именно это термин корректен к большинству этих средств, так как их задача: ломать бетон, внедряя в него клинья и приводя его раскалыванию. Эти группы машин объединяют термины «crushers» и «pulverizer».

Табл. 2. Бетоноломы для сноса и демонтажа зданий и сооружений

№ п/п	Наименование рабочего оборудования	Внешний вид	Область применения Преимущества
1.	Бетонолом первичный Primary Pulverizer		Разрушение конструкции в начальном неразрушенном состоянии. Поворотное устройство и подвижные щеки, направленных в продолжении рукояти, позволят ориентировать ножницы в пространстве для разрушения стен и перекрытий. Применяются на экскаваторах традиционного исполнения, так и со специальным (двух- и трёх секционным) оборудованием
2.	Бетонолом вторичный Secondary Pulverizer		Разрушение элементов конструкции в их лежащем положении после их первоначального разрушения /обрушения. Наличие опорной (нижней) неподвижная щеки и дробящей (верхней) подвижной, направленных под углом к рукояти, позволят легко захватывать элементы, расположенные в лежащем положении. Применяются на экскаваторах с рабочим оборудованием традиционного исполнения

Отдельного рассмотрения заслуживают мультипроцессоры, которые не являются ни бетоноломом, ни гидроразрывными. В основе мультипроцессора – приводной модуль, навешиваемый на рукоять экскаватора. Рабочие органы (губки/ захваты) мультипроцессора являются меняются в зависимости от вида работ. С рабочими органами от бетонолома или гидроразрывных (см. рис.1) мультипроцессор может выполнять и те и другие работы.

Применение мультипроцессора оправдано в условиях производства работ малого и среднего объёмов, когда представляется возможным все работы выполнить одной или небольшим количеством машин, меняя их рабочее оборудование с одного на другое. При проведении работ большого объёма целесообразны машины разного назначения со специализированными стрелами и рукоятями, а также различными гидроразрывными, бетоноломами и мультипроцессорами

ВЫВОДЫ

Приведённые в статье средства позволяют сформировать полный комплект средств для сноса зданий и сооружений в случае корректного подбора оборудования согласно его конструктивному и функциональному исполнению. При этом, для терминологической корректности представляется целесообразным закрепить основные термины и обозначений, что позволит конкретизировать предмет обсуждения.

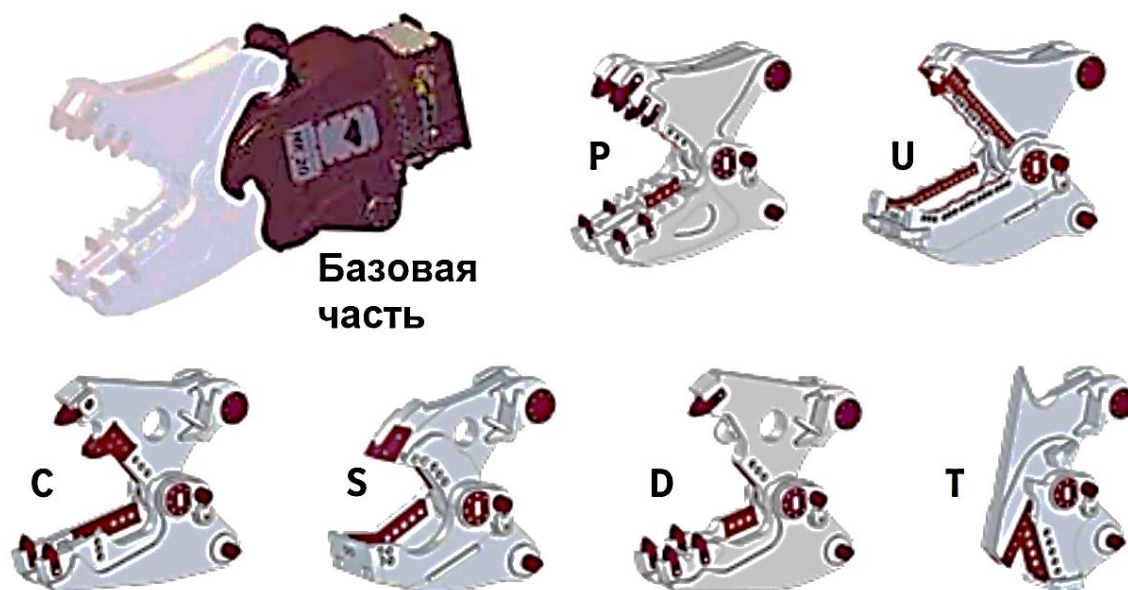


Рис. 1. Типы сменных рабочих органов мультипроцессоров [5]

P-образный захват - для отделения арматуры от бетона; U-образная губка - для бетонных конструкций и измельчения арматуры на месте; C-образная губка - для конструкций из железобетона с высоким содержанием арматуры; S-образная губка - для складов промышленного демонтажа и для резки черных металлов; D-образная губка - для первичных этапов демонтажа; T-образная губка - для резервуаров

В существующей системе определений приемлемым транслитерационным термином можно признать только «мультипроцессор» (multiprocessor), т.к. его замена многофункциональным устройством (средством, базой и т.п.) хоть и правильно, но словесно неудобно. Представляется корректным совместное применение этих терминов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Gustov, D. Y.* Organization of recycling of construction scrap with the use of mobile crushing plants in Russia / D. Y. Gustov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : International Scientific Conference Interstroyemeh - 2019, ISM 2019, Kazan, 12–13 сентября 2019 года. Vol. 786. – Kazan: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012013. – DOI 10.1088/1757-899X/786/1/012013. – EDN WMYPJZ
2. *Густов, Д. Ю.* Экологические аспекты механизации работ при сносе зданий и сооружений / Д. Ю. Густов, Ю. И. Густов // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования : Сборник докладов Первой Национальной конференции, Москва, 30 сентября 2020 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2020. – С. 433-437. – EDN DUKUAC.
3. Attachments. Сайт Катерпиллар https://www.cat.com/en_US/products/new/attachments.html?page=3 Дата обращения: 10.12.2023
4. HammerMaster. Сайт HammerMaster <https://hammermaster.ru> Дата обращения: 11.12.2023
5. Продукция. Сайт Официального дистрибьютора HYDRARAM BV в России ООО «АНБАУ» <https://hydraram-russia.ru/products/?yclid=8800212936052178943> Дата обращения: 10.12.2023
6. Hitachi Construction Machinery Сайт Hitachi Construction Machinery <https://www.hitachicm.com/global/en/> Дата обращения: 11.12.2023
7. *Akinori ISHII* Operating System of a Double-Front Work Machine for Simultaneous Operation. Hitachi Construction Machinery Co., Ltd. https://www.iaarc.org/publications/fulltext/isarc2006-00004_200605252046.pdf Дата обращения: 10.12.2023

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

И.Ю. Пурусова

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, Российская Федерация.
vps_na@list.ru*

Аннотация

В настоящее время на большинстве действующих канализационных насосных станциях электрооборудование и насосные агрегаты морально и физически устарело. В статье предлагается оптимизация режима работы действующей канализационной насосной станции по различным параметрам. Охарактеризованы способы регулирования режима работы центробежных насосных агрегатов для обеспечения требуемых параметров работы насосной станции.

Соответствие параметров насосных агрегатов оптимальным значениям по подаче и напору, существенно экономит электроэнергию и позволяет максимально использовать имеющийся потенциал энергосбережения. Действующая канализационная насосная станция работает в оптимальном режиме, если производительность каждого насоса соответствует требуемым значениям. При изменении технологических решений на действующей КНС, необходимо рассматривать несколько вариантов оптимизации режима работы насосов в заданном проектом диапазоне производительности.

ВВЕДЕНИЕ

Отношения производителей насосного оборудования и эксплуатирующих организаций нуждаются в обновлении в части нормативно-правового регулирования и обеспечения контроля энергоэффективности работы насосных агрегатов [1-8].

В настоящее время на большинстве действующих канализационных насосных станциях, далее КНС, насосные агрегаты и электрооборудование отработало более 30-40 лет, морально и физически устарело, рисунок 1.



Рис. 1 Машинный зал канализационной насосной станции

Своевременный контроль технического состояния насосов позволяет выявлять находящиеся в предаварийном состоянии агрегаты для их последующего ремонта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На действующей КНС определяются эксплуатационные допуски на рабочие параметры насосных агрегатов. Установленный допуск на размер рабочей зоны насоса определяет его режим функционирования в составе КНС и увеличивает вероятность безотказной работы.

Для обеспечения требуемых параметров работы агрегата на КНС [9-14, 18, 21] существуют несколько способов регулирования режима работы центробежных насосов:

- обрезка рабочего колеса;
- дроссельное регулирование;
- частотное регулирование.

Наиболее распространённым способом регулирования режима работы насосов является обточка рабочего колеса центробежного насоса. Обточка рабочего колеса применяется для снижения напора у насосного агрегата с одним рабочим колесом. При регулировании таким способом изменяется характеристика насоса, а характеристика сети остаётся неизменной.

На действующих КНС часто применяют регулирование работы насосного агрегата дросселированием. Дроссельное регулирование осуществляют с помощью дросселирующего устройства, либо напорной задвижкой установленной на напорной линии насосной установки. Дросселирование приводит к изменению характеристики сети – увеличивая гидравлическое сопротивление, частота вращения рабочего колеса насоса и характеристика насоса остаётся неизменной. Такой способ регулирования при значительном увеличении числа оборотов (более 20 витков) прикрытия напорной задвижки приводит к перерасходу электроэнергии.

Более эффективным, но требующим значительных первоначальных затрат, является применение преобразователей частоты, далее ПЧ для регулирования работы насосного агрегата по заданным параметрам. При пуске электродвигателя с помощью ПЧ пусковой ток не превышает номинальный, что обеспечивает благоприятные условия работы насосного агрегата и способствует снижению потребления электроэнергии. Применение ПЧ обеспечивает автоматическое плавное регулирование напора на выходе насосной станции, также позволяет устранить гидроудары в системе, при этом уменьшаются эксплуатационные затраты КНС на ремонт насосного оборудования.

На каждой действующей КНС периодически проводится проверка потребления энергоресурсов, по результатам этой проверки составляются акты и вносятся предложения по оптимизации потребления электроэнергии. На КНС устанавливаются приборы учёта электроэнергии на границе балансового разграничения сетей каждого объекта. Новые насосные станции, переданные в хозяйственное ведение и на технологическое обслуживание жилищно-коммунальных предприятий, оборудуются приборами учёта для определения электропотребления [4-8].

По причине значительных финансовых затрат проведение реконструкции действующих электроустановок на КНС нерентабельно. В связи с этим осуществляется замена масляных выключателей на вакуумные, что позволяет продлить срок службы электроустановок при минимальных финансовых затратах. Такая замена способствует обеспечению круглосуточного водоотведения для потребителей и надёжного снабжения электрической энергией насосных станций.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ниже предлагаются способы оптимизации режима работы КНС по различным параметрам для действующих насосных станций.

Совместная работа насосных агрегатов и гидравлической сети возможна, если суммарная подача насосов равна требуемому расходу в сети, а напор насосов равен заданной высоте подъёма с учётом потерь напора в трубопроводах. Для соблюдения этих равенств производят гидравлический расчет совместной работы насосов и трубопроводов.

КНС должны работать по заданным параметрам с оптимальным КПД насосных агрегатов и минимальными потерями напора.

Мероприятия необходимые для оптимизации режима работы КНС в технологической части приведены на рисунке 2.



Рис. 2. Мероприятия по оптимизации функционирования действующей КНС

Как известно энергоэффективное управление работой КНС осуществляется с использованием алгоритмов и регламентов функционирования с применением современных средств автоматизации процессов.

В соответствии с ФЗ № 261 «Об энергосбережении» [4] для каждой насосной станции должна быть разработана программа энергосбережения [13-17, 19-20]. Ожидаемый экономический эффект от мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности выражается в количественном и в качественных показателях надежности функционирования КНС.

При принятии решений о замене насосов, рассчитывается количество сэкономленной электроэнергии этим агрегатом и сравнивается с энергоэффективностью нового насоса. Сокращение потерь энергетических ресурсов ведёт к повышению энергетической эффективности и уменьшению себестоимости отвода сточных вод.

Мероприятия необходимые для оптимизации режима работы КНС в электрической части приведены на рисунке 3.



Рис. 3. Оптимизация режима работы по повышению энергоэффективности действующей КНС

Энергоэффективной работой насоса является поддержание оптимальной его производительности во время эксплуатации. Продолжительность энергоэффективного цикла работы насосного агрегата определяется управленческими решениями и условиями эксплуатации КНС. Для энергоэффективной работы насосов требуемая подача и напор должны соответствовать условиям эксплуатации КНС.

ВЫВОДЫ

Опыт эксплуатации действующих насосных станций выявил ряд аспектов, которые необходимо учитывать при подборе, монтаже и функционировании насосных агрегатов. При изменении технологических решений на действующей КНС, необходимо рассматривать несколько вариантов оптимизации режима работы насосов в заданном диапазоне производительности.

Энергетически оптимальная работа насосных агрегатов способствует экономии электрической энергии и ведёт к уменьшению себестоимости отвода сточных вод КНС.

Для сбережения ресурсов на КНС необходимо:

- уменьшить вероятность возникновения гидравлического удара при пуске насоса и устранять динамические перегрузки в трубопроводах;
- ежегодно проводить на КНС планово-предупредительный ремонт электродвигателя и приводного механизма для продления срока службы и оптимизации его работы в широком диапазоне изменения нагрузок;
- повысить надёжность и снизить аварийность насосного и электрического оборудования;
- точно поддерживать заданные технологические параметры работы насосных агрегатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 31.13330.2021 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
2. СП 517.1325800.2022 Эксплуатация централизованных систем, сооружений водоснабжения и водоотведения.
3. СП 32.13330.2018 Канализация. Наружные сети и сооружения.
4. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
5. ГОСТ 31839-2012 (EN 809:1998). Насосы и агрегаты насосные для перекачки жидкостей. Общие требования безопасности. М: Стандартинформ, 2013 – 28 с.
6. ГОСТ Р 54804-2011 (ИСО 9908:1993). Насосы центробежные. Технические требования. Класс III. М: Стандартинформ, 2012 – 20 с.
7. ГОСТ Р 54805-2011 (ИСО 5199:2002). Насосы центробежные. Технические требования. Класс II. М: Стандартинформ, 2012 – 48 с.
8. ГОСТ Р 54806-2011 (ИСО 9905:1994). Насосы центробежные. Технические требования. Класс I. М: Стандартинформ, 2012 – 71 с.
9. Али М.С. Особенности компоновки польдерных насосных станций в составе поверхностных водотоков // М. С. Али, Пурусова И. Ю. / Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура, 2023. – 10 с.
10. Али М. С. Решение практических задач с использованием модели насосов при переходных режимах в напорных системах / М. С. Али, Д. С. Бегляров, А. Ю. Титаева, Е. А. Лентяева // Природообустройство. – 2020. – № 1. – С. 100-103.
11. Еловик В. Л. Особенности режимов работы насосных станций водозаборных сооружений подземных вод, систем канализации и комбинированных систем водоснабжения / В. Л. Еловик // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. - 2020. № 1 (229). - С. 242-248.
12. Карелин В. Я. Насосы и насосные станции / В. Я. Карелин, А. В. Минаев - М.: Бастет. - 2010. – 448 с.
13. Николенко И. В. Анализ энергетической эффективности силовых агрегатов насосных станций систем водоснабжения и водоотведения по удельным показателям / Николенко И.В. // Строительство и техногенная безопасность. – 2020. – № 18 (70). – С. 143-148.
14. Пурусова И.Ю. Сокращение затрат потребляемой электроэнергии на водозаборных сооружениях из подземных источников // И. Ю. Пурусова / В сборнике: Технологии очистки воды "ТЕХНОВОД-2021". материалы XIII Международной научно-практической конференции. Новочеркасск. - 2021. - С. 43-48.
15. Пурусова И. Ю. Фактическая производительность погружных насосов / И. Ю. Пурусова // Энергосбережение и водоподготовка. - 2019. - № 4 (120). - С. 26-28.
16. Пурусова И.Ю. Энергетически оптимальная работа водозаборных сооружений из подземных источников / И. Ю. Пурусова // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. - 2018. - Т. 45. - № 4. - С. 59-67. Пурусова И. Ю. Технологические параметры погружных насосов на водозаборных сооружениях из подземных источников / К. И. Чижик, В. И. Щербаков // Сборник докладов XVI Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева. - 2021. - С. 184-189.
17. Пурусова И.Ю. Современные проблемы управления работой водозабора // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 7-2 (18-2). С. 379-383.
18. Скибо Д. В., Толстой М. Ю. Исследование проблем в работе канализационной насосной станции микрорайона «Берёзовый» города Иркутска и методы их решения // Строительство и техногенная безопасность. 2018. №12(64) С. 123-132.
19. Чижик К. И. Энергетические затраты на подъем воды из подземных источников / К. И. Чижик, В. И. Щербаков, И. Ю. Пурусова // В сборнике: Яковлевские чтения. Сборник докладов XV Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева. - 2020. - С. 208-211.
20. Щербаков В. И. Пути повышения производительности водозаборных сооружений подземных вод / В. И. Щербаков, И. Ю. Пурусова // в сборнике: Яковлевские чтения сборник докладов XII Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. - 2017. - С. 248-252.
21. Lomakin V.O. Multi-criteria optimization of the flow of a centrifugal pump on energy and vibroacoustic characteristics / V. O. Lomakin, P. S. Chaburko, M. S. Kuleshova // Procedia Engineering Proceedings of the 3rd International Conference on Dynamics and Vibroacoustics of Machines. 2017. P. 476-482.

РОБОТ-ШТУКАТУР, КАК СРЕДСТВО МЕХАНИЗАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Н.С. Шихов¹, Р.Р. Шарапов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ya.kolya101097@yandex.ru,

²SharapovRR@mgsu.ru,

Аннотация

Строительство — это область человеческой деятельности, где для робототехники имеется огромный потенциал. Строительный робот способен облегчить труд рабочих, ускорить процесс, обеспечить возведение уникальных сооружений в экстремальных условиях. В настоящее время существует целое направление с такой специализацией, базирующееся на инновационных технологиях и подходах.

Одним из основных критериев в технологиях строительной отрасли является механизация и автоматизация. Развитие средств механизации и автоматизации, способствует сокращению объемов ручных операций при выполнении штукатурных работ. Так как механизированная штукатурка подразумевает сокращение временных и финансовых затрат, а также повышению качества работ. Во многих странах перспективных направлений является разработка новых и современных агрегатов для автоматизированных и механизированных работ, связанных с нанесением штукатурного слоя, разравниванием и затиркой.

Решением подобных задач является использование средств робототехники. Поэтому вопрос её механизации и автоматизации остается актуальным. Разработка инновационной технологии штукатурных работ и рекомендаций по аппаратному оснащению процесса должны предшествовать обстоятельные теоретические исследования, физическое и математическое моделирование процесса. Исследование процессов, происходящих в оборудовании для оштукатуривания в момент соприкосновения штукатурного слоя с покрытием. В связи с чем, весьма актуальна научная проблема разработка нового агрегата для получение качественного слоя. В данной статье рассмотрена конструкция штукатурного робота с применением виброплатформы.

ВВЕДЕНИЕ

Ведущие компании, связанные с робототехникой, уже сейчас выпускают разнообразные строительные аппараты, с успехом используемые при строительстве больших объектов. Такие устройства показали свою высокую эффективность на всех стадиях — от проектирования до финишной отделки.

Разработка нового устройства штукатурной машины и технологии использования для автоматизированного уплотнения вертикальных стен. Разработка новой автоматизированной штукатурной машины для проведения штукатурных работ и работ по оштукатуриванию вертикальных стен.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Необходимостью изучения более широких связей и свойств объектов, воздействия кинематических, силовых, энергетических и других параметров штукатурных машин с целью выявления новых закономерностей их функционирования и создания на их основе новых конструкций вибромашин обладающих повышенной эффективностью

Анализ результатов патентного поиска показал, что настоящее время имеется множество различных видов агрегатов, устройств и машин для проведения автоматизированных штукатурных работ. Наиболее важными особенностями технических решений является:

- проектирование новых видов агрегатов, устройств и машин для проведения автоматизированных штукатурных работ с высоким показателем производительности и наиболее важным аспектом экономической значимости;

- использование новых видов смесей с добавлением композитных материалов, повышающих параметры и качество готовой штукатурной смеси;

- применение новых технологий в производстве и эксплуатации готовых установок – наиболее ярким примером является применение новых программных обеспечений и интерфейса, как и использование новых оптических и лазерных датчиков для позиционирования агрегата в пространстве и оценки качества выполненных работ.

Изучением эффективного применения штукатурных машин и смесей занимаются разные страны такие как: США, Испания, Португалия, Россия (СССР), Индия, Китай и др. Расширенным изучением штукатурных машин занимаются Китай и Россия. Рассматривая результаты патентного поиска, можно сделать вывод, что Китай преуспел в исследовании эффективного применения штукатурных машин и смесей. Найденные мной патенты говорят, что Китай работает на высоком уровне и добился высоких результатов в процессе работы. Что касается российских патентов автоматизированного оштукатуривания работы велись очень давно, но Россия продолжает исследования в данном направлении.

Существуют роботы для штукатурных работ. У нас они не распространены из-за высокой стоимости. Как правило, такие виды работ принято делать вручную по маякам. В Китае же, с их огромными объемами строительства они применяются чаще [1].



Рис. 2. Роботы, работающие со штукатуркой

Аппарат для штукатурки среднего класса в большинстве случаев отличается компактными размерами. Для работы с ним обычно достаточно одного человека. Данное оборудование оснащается насосом, который является главным рабочим органом. С его помощью осуществляется смешивание, подача и разбрызгивание материала на рабочую поверхность

Российская техника Афалина ШМ-30 может использоваться как для штукатурных, так и для шпаклевочных работ. Оснащается емкостью для разбавления водой сухих растворов. Отлично подходит для обустройства наливных напольных покрытий и черновой обработки стен [2].



Рис. 3. Афалина ШМ-30 — штукатурная машина российского производства

Исследованиями в данной области в России занимаются следующие фирмы: Общество с ограниченной ответственностью "ЛИТОКол", ООО Корпорация "Инновация Производство Интеграция". Также работой в данной области занимаются многие российские университеты. Одним из представителей является федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Пензенский государственный университет архитектуры и строительства"(ФГБОУ ВПО "ПГУАС") [3].

Что касается Китая работы ведут крупные компании: Foshan nanhai julong construction machinery, Shaoguan first construction engineering, Foshan tupo machinery manufacture, Jiangsu fengyang construction engineering, которые занимают лидирующие позиции в стране.

Автоматизированным нанесением является применение роботизированных агрегатов «Робот-штукатур».



Рис. 4. Робот-штукатур

Аппараты для нанесения штукатурки механизированным способом крепятся на телескопических распорках вплотную к обрабатываемой поверхности. Они не замешивают растворы, а только распределяют их по поверхности основания [4,5].

Принцип нанесения: по ленте штукатурный раствор из лотка равномерно подается на шпатель, который вибрирует и тем самым штукатурка закрепляется на стене. Маяки ему не нужны. Один робот способен заштукатурить за рабочую смену до 500 м² стен. Чтобы смесь не сползала – она должна быть замешана в определенной консистенции. В основном,

характеристики у этих агрегатов такие: Толщина слоя нанесения: от 3 мм до 30 мм. Лоток объёмом до 200 кг. Высота подъёма - до 4,5 метра. Ширина оштукатуривания за один проход – 80 см. Мощность - 2,2 кВт, 220 В. Внутри два вибратора. Вес – от 200 кг.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нами предлагается робот-штукатур рис. 4, 5 и 6, в котором используется следующий принцип. Устройство перемещается в вертикальной плоскости и наносит на поверхность стены подготовленный раствор. Разравнивание происходит при помощи специального приспособления вибрационного типа, установленного на движущейся части. Во время работы установка создает вибрации с помощью, которых происходит равномерное распределение раствора на поверхность стены.



Рис. 5. Вибрационный робот-штукатур



Рис. 6. Вибрационный робот-штукатур

Представленная установка состоит из механизма подъёма, системы управления – пульт, двух мачт, по которым идет перемещение виброустановки с закреплённым на ней бункером и ножом (провило). При работе происходит поступательное движение в горизонтальной плоскости.

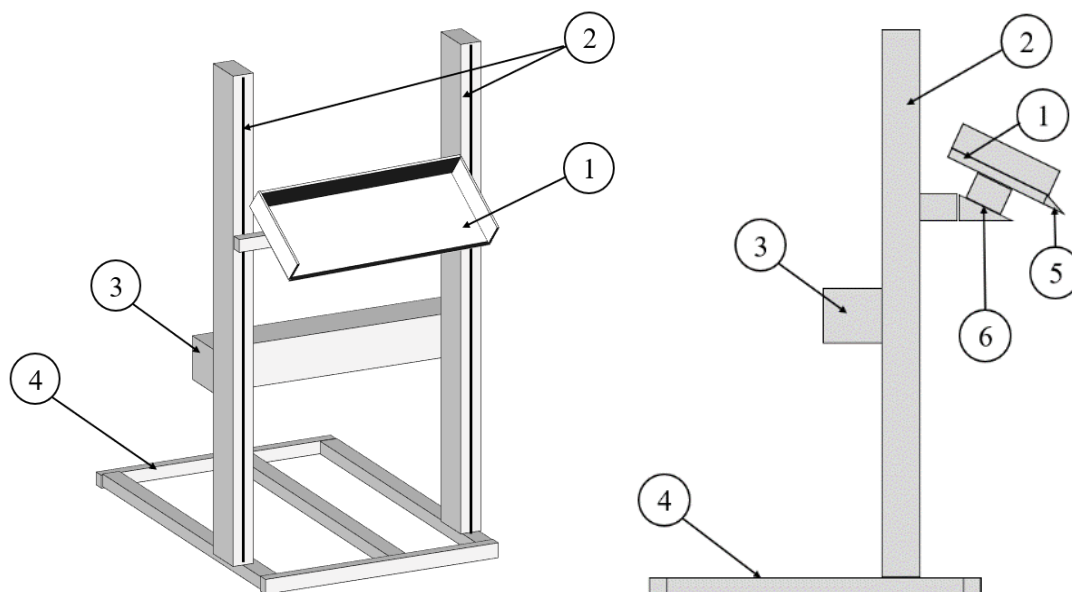


Рис. 7. Результаты компьютерного моделирования робота-штукатура

1 - механизм уплотнения (виброплита с бункером); 2 - стойки; 3 - механизм подъема (электродвигатель и система блоков); 4 - основание; 5 - нож; 6 - механизм изменения угла наклона.

Движение в горизонтальном направлении осуществляется двигателем постоянного тока с постоянным магнитом 7712-6 (9). Движение с электродвигателя передается посредством ременной передачи (8) на кривошип (1). Далее по кинематической схеме от кривошипа (1) на шатун (2), а от шатуна (2) с выходным звеном на шатун (3). Шатун (3), соединяющийся с опорой коромыслом (4).

Табл. 1. Параметры виброплатформы

Параметры	Данные
Мощность, Вт	200
Габариты ДхШхВ, см	70х40х15
Масса, кг	18
Частота колебаний, Гц	50-60
Амплитуда, мм	0-10

На основании разработанной программы исследований проводились лабораторные и промышленные исследования процесса оштукатуривания поверхности основания стены в условиях проведения строительных работ на строительной площадке согласно СП, в основу которых положены общие требования проведения работ и измерения, основанные на классических и современных работах, которые использовались в работе для определения показателей плотности уплотнения штукатурного слоя, отрыва от поверхности основания и мощности с учетом факторов варьирования [4].

При проведении всех экспериментов в качестве штукатурного раствора применялся штукатурно-клеевая смесь Кнауф 210 [6].



Рис. 8. Штукатурная смесь

Табл. 2. Патентный анализ

№ п/п	Наименование патентной базы данных	Вид, страна, номер и приоритет охранного документа	Наименование объекта интеллектуальной собственности
1.	ФИПС	Патент на изобретение РФ RU 2281860 20.08.2006	Штукатурная плита и способ ее изготовления
2.	ФИПС	Патент на изобретение РФ RU 2530817 10.10.2014	Штукатурно-шпаклевочный автоматизированный агрегат
3.	Espacenet	Патент на изобретение СССР SU116009 1958-11-30	Вибропрессовальная штукатурная машина
4.	Espacenet	Патент на изобретение Западное Самоа WO2020258579 2020-12-30	Traveling-assisted wall plastering machine
5.	Questel Orbit	Патент на изобретение Китай CN 112376860 12.11.2020	Wall plastering machine, leveling method and device of wall plastering machine, readable storage medium and system
6.	Questel Orbit	Патент на изобретение Китай CN212317400 16.03.2020	A machine of plastering a wall for building installation engineering
7.	Questel Orbit	Патент на изобретение Китай CN110698158 09.11.2019	Machine-sprayed polymer anti-cracking plastering mortar and preparation method thereof
8.	Questel Orbit	Патент на изобретение Китай CN212080066 03.04.2020	Take chain overspeed device tensioner's machine of plastering a wall
9.	Questel Orbit	Патент на изобретение Китай CN111255196 25.02.2020	Plastering machine capable of controlling plastering thickness

ВЫВОДЫ

Проведя анализ результатов патентного поиска по временной интенсивности, можно сказать, что работы по исследованию эффективного применения штукатурных машин и смесей ведутся достаточно давно. Однако можно сказать, что наиболее значимым временем исследования является период с 2014 по 2020 года, так как успешное применение новых технологий позволило расширить спектр в данной области.

Предложенная виброплатформа показала хорошие результаты при проведении эксперимента. При работе происходит поступательное движение в горизонтальной плоскости. Предложенный вариант конструкции улучшает взаимодействие материала с наносимой поверхностью

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные Технологии Производства 2022 // [Электронный ресурс extxe.com] Россия 2022. URL: <https://extxe.com> (Дата обращения 17.02.2022)
2. Фасады зданий 2022 // Технология облицовки фасадов зданий и строений Россия 2022. URL: <https://makebestphoto.ru> (Дата обращения 17.02.2022)
3. Агарков А.М., Шарапов Р.Р., Харламов Е.В. Совершенствование конструкций пылеочистного оборудования // Системные технологии. 2018. № 4 (29). С. 96-100.
4. Способы механизации штукатурных работ 2022 // [Электронный ресурс CdelayRemont.ru] Россия 2022. URL: <https://cdelayremont.ru> (Дата обращения 17.02.2022)
5. Робот-штукатур // [Электронный ресурс www.RoboPlaster.ru] Россия 2022. URL: <https://roboplaster.ru> (Дата обращения 17.02.2022)
6. Советы по ремонту, внутренней и внешней отделке 2021 // Красим-клеим Россия 2022. URL: <https://malyarka-shop.ru> (Дата обращения 17.02.2022)
7. Шарапов Р.Р., Кайтуков Б.А., Степанов М.А. Некоторые проблемы динамики и надежности строительной техники. // Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 7. С. 5-8.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ СЕТИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

М.В. Кожина¹, Д.А. Едуков², В.А. Едуков³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, Самарская область, город Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244,

¹mariya.kozhina@gmail.com

²inbox163@inbox.ru

³edukov-v@yandex.ru

Аннотация

Анализ технологических схем сети газораспределения является актуальной темой, влияющей на надежность, удобство использования и эффективность газораспределительных систем. Ответ на вопрос о выборе оптимальной технологической схемы сети газораспределения имеет большое значение для обеспечения безопасности и эффективности функционирования газораспределительных систем.

Было выполнено сравнение четырех вариантов сетей газораспределения и показано, как сделать выбор наиболее оптимальной из них на стадии проектирования обеспечивающей надежность, безопасность и эффективность функционирования ее во время эксплуатации.

Были изучены такие аспекты, как структура сетей, функциональные элементы, режимы работы, системы контроля и управления, а также особенности применения различных материалов и технологий.

Данная статья предлагает ценную информацию и аналитический обзор технологических схем сети газораспределения, который может быть полезен для специалистов в области газоснабжения, проектирования газораспределительных систем.

ВВЕДЕНИЕ

Сети газораспределения играют важную роль в обеспечении надежной и безопасной поставки газа потребителям, развитие газовой отрасли направлено на повышение надежности газопроводов. Они являются основной инфраструктурой, обеспечивающей подачу газа от источников добычи к конечным пользователям. Развитие газовой отрасли направлено на повышение надежности газопроводов, для обеспечения которой при эксплуатации газораспределительных систем необходимы проведение ремонта, реконструкции, и своевременное техническое обслуживание газопроводов.

Регулярное обследование, техническое обслуживание, своевременное выявление дефектов, обеспечение надежности и безопасности газопроводов представляют собой ключевые аспекты для обеспечения эффективной и безопасной работы систем газораспределения. При проектировании вариантов реконструкции сетей газораспределения важно сохранить и повысить уровень надежности подачи газа потребителям.

В настоящее время, проблемой, требующей немедленного внимания, является необходимость проведения капитального ремонта и реконструкции межпоселковых газопроводов, построенных более 50 лет назад в период интенсивного строительства газораспределительных сетей в советское время. Стремительное развитие газификации природным газом в России, подкрепленное данными о достижении уровня газификации в 73% к началу 2023 года, создает срочную необходимость в обновлении и модернизации существующей газораспределительной инфраструктуры [1,2,3,4].

Анализ состояния газопроводов в России, показывает, что около 50% газораспределительной сети нуждается в капитальном ремонте. Эти газопроводы, построенные в середине прошлого века, отличаются высокой степенью износа, что угрожает их безопасной эксплуатации и надежной подаче газа потребителям. Гарантирование безопасной эксплуатации и своевременное проведение реконструкции

газораспределительной сети обеспечивают постоянное и бесперебойное предоставление газа потребителям.

Для достижения этой гарантии необходимо выполнение мероприятий по проведению капитального ремонта и реконструкции действующих газопроводов, с применением современного технологического оборудования и материалов. Важным фактором также является обеспечение непрерывного контроля технологических параметров газораспределения для обеспечения надежной и бесперебойной эксплуатации газопроводных систем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Оптимальная технологическая схема сети газораспределения предполагает обеспечение надежности, безопасности и эффективности работы. Правильный выбор схемы может улучшить процессы подачи, распределения и использования газа, а также снизить технические риски и эксплуатационные затраты [6,7].

Предлагается к предпроектному анализу реконструкция одной из наиболее распространенных схем сети 3-х ступенчатого регулирования давления газа небольших поселений и поселков городского типа (рисунок 1). Газопроводы выполнены из стальных труб. В данной схеме природный газ поступает из ГРС через межпоселковый газопровод до ГРП, основная функция которого заключается в редуцировании газа с высокого давления 1-й и 2-й категории на низкое или среднее. По пути движения природного газа от ГРС до ГРП могут быть подключены крупные коммунально-бытовые объекты или пригородные населенные пункты [8,9].

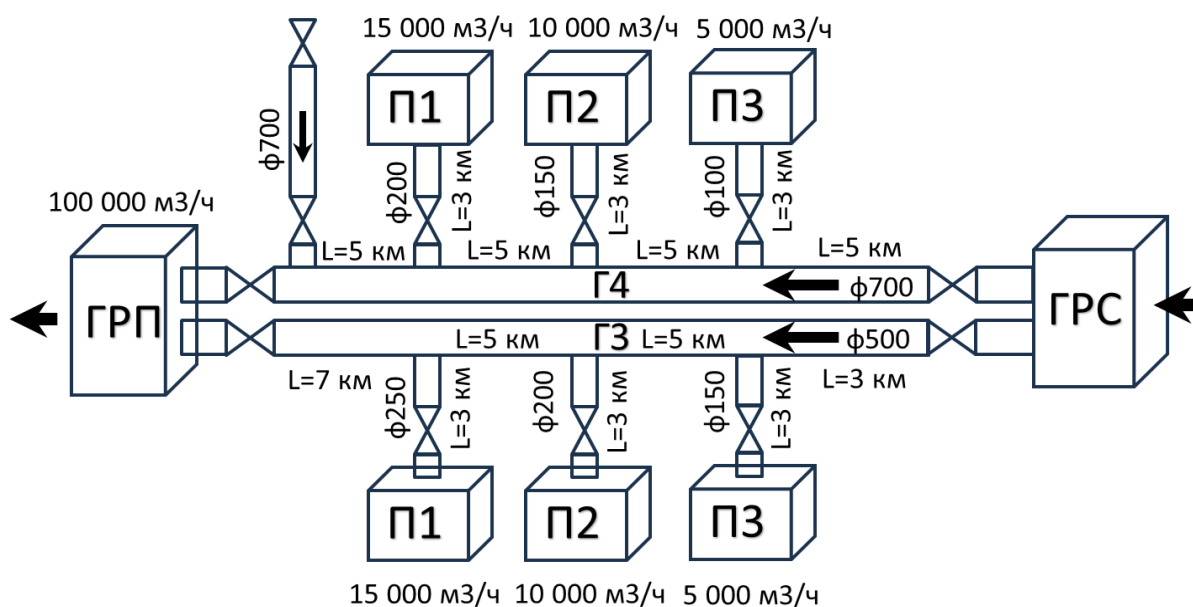


Рис. 1. Рассматриваемая технологическая схема сети газораспределения стальных газопроводов высокого давления 1-й и 2-й категории: ГРП – газораспределительный пункт, П – потребитель (с указанием категории по теплоснабжению), ГРС – газораспределительная станция, Г3 - стальной газопровод высокого давления 2 категории, Г4 – стальной газопровод высокого давления 1 категории

Недостатки технологической схемы:

- 1) отсутствие учета расхода газа;
- 2) необходимость в защите от электрохимической коррозии обоих газопроводов на всей протяженности стальных газопроводов;
- 3) отсутствие возможности оперативного прекращения подачи газа при утечке;
- 4) невозможность распознать периодические отклонения технологических параметров подаваемого газа в связи с отсутствием средств телемеханики и телеметрии;

5) высокая вероятность отключения подачи газа у части потребителей в случае ремонтных работ или аварии на газопроводах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для устранения вышеперечисленных недостатков системы (рисунок 1) предлагается при реконструкции наиболее часто принимаемых систем 3-х ступенчатого регулирования давления газа использовать современные материалы, технические и технологические устройства [3].

Предлагается рассмотреть 3 возможных варианта:

1. Реконструкция существующей сети газораспределения с прокладкой стального газопровода Г4 и стального, либо полиэтиленового газопровода Г3.
2. Реконструкция существующей сети газораспределения с прокладкой стального газопровода Г4 и стального, либо полиэтиленового газопровода Г3 с закольцовкой путем подключения резервного пункта редуцирования газа (ПРГ) между Г4 и Г3.
3. Реконструкция существующей сети газораспределения с прокладкой стального газопровода Г4 и стального, либо полиэтиленового газопровода Г3 и установкой ГРПБ

Рассмотрим подробно каждый из вышеперечисленных вариантов.

1 вариант. Реконструкция существующей сети газораспределения с прокладкой стального газопровода Г4 и стального, либо полиэтиленового газопровода Г3.

Актуальная и современная нормативно-техническая документация разрешает подземную прокладку полиэтиленовых газопроводов с давлением до 0,6 МПа в городских пунктах. Также стальные газопроводы реконструируются с условием установки индивидуальных узлов измерения расхода газа для каждого потребителя [5].

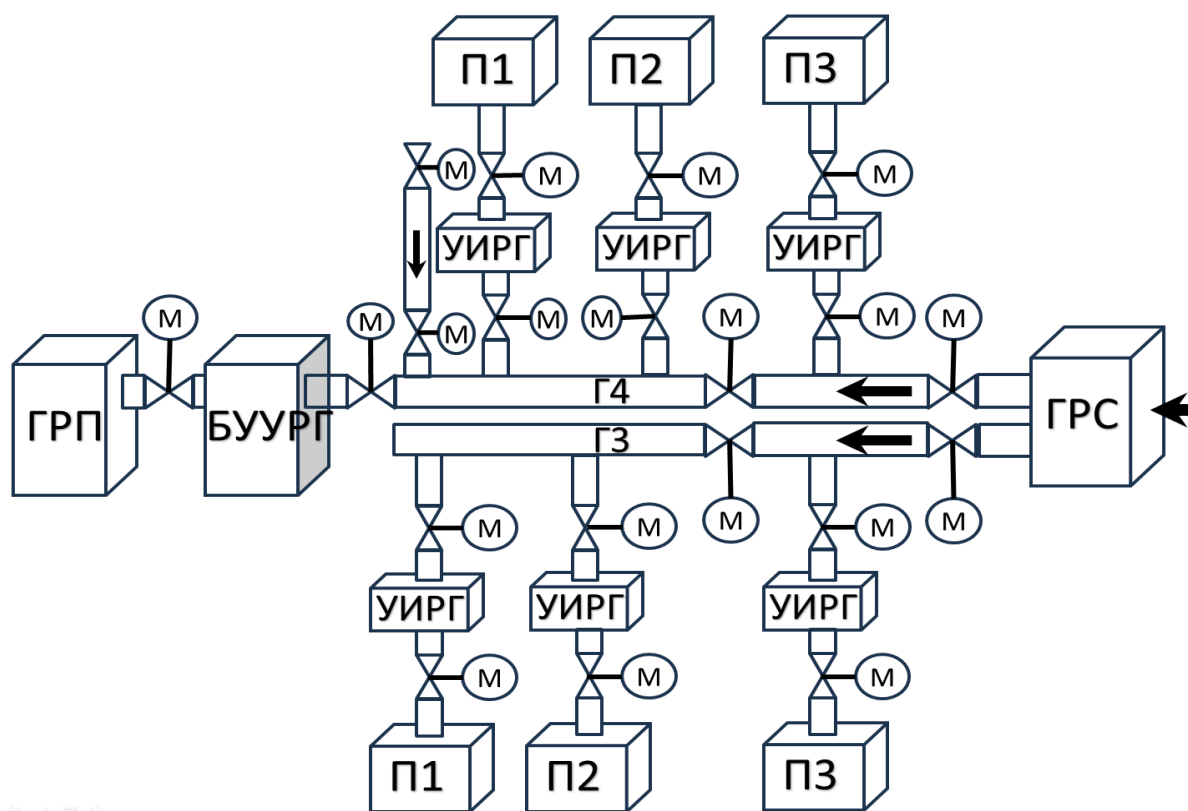


Рис. 2. Вариант реконструкции №1: БУУРГ – Блочный узел учета расхода газа, УИРГ- Узел измерения расхода газа

К преимуществам технологической схемы реконструкции 1 варианта относится установка УИРГ индивидуально для каждого потребителя, которая предотвращает разбаланс между ГРО и обеспечивает индивидуальный учет расхода газа для каждого потребителя.

На газопроводах Г4 и Г3 устанавливаются секционирующие задвижки, что уменьшает в случае аварии количество недоданного газа, а следовательно повышает надежность.

Однако создание тупикового газопровода Г3 может отрицательно повлиять на надежность работы сети Г3.

2 вариант. Реконструкция существующей сети газораспределения с прокладкой стального газопровода Г4 и полиэтиленового, либо стального газопровода Г3 с закольцовкой путем подключения резервного пункта редуцирования газа (ПРГ) между Г4 и Г3.

Газопроводная сеть реконструируется с установкой индивидуальных УИРГ для каждого потребителя, что обеспечивают измерение объема природного газа. Установка ПРГ обеспечивает поддержание требуемых технологических параметров газа при газоснабжении потребителей (рисунок 3).

Пропускная способность полиэтиленовых газопроводов выше, чем у стальных газопроводов, они более долговечны. Кроме того для газопровода Г3 не нужна будет дорогостоящая катодная защита. Протяженность газопровода уменьшается, что положительно скажется на стоимости сооружения.

На газопроводах Г4 и Г3 устанавливаются секционирующие задвижки, что уменьшает в случае аварии количество недоданного газа, а следовательно повышает надежность

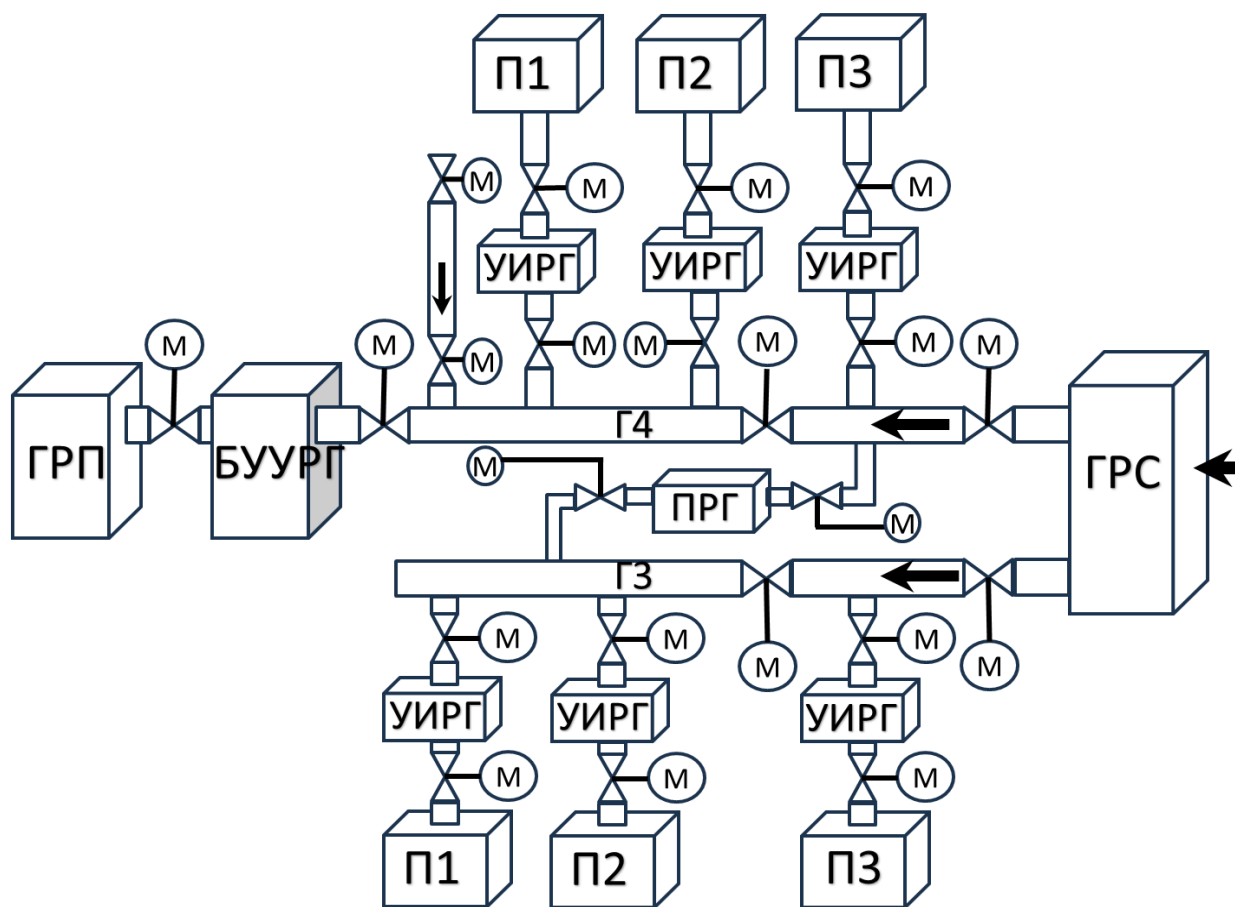


Рис. 3. Вариант реконструкции №2

3 вариант. Реконструкция существующей сети газораспределения с прокладкой стального газопровода Г4 и установкой ГРПБ со строительством стального, либо полиэтиленового газопровода Г3 (рисунок 4).

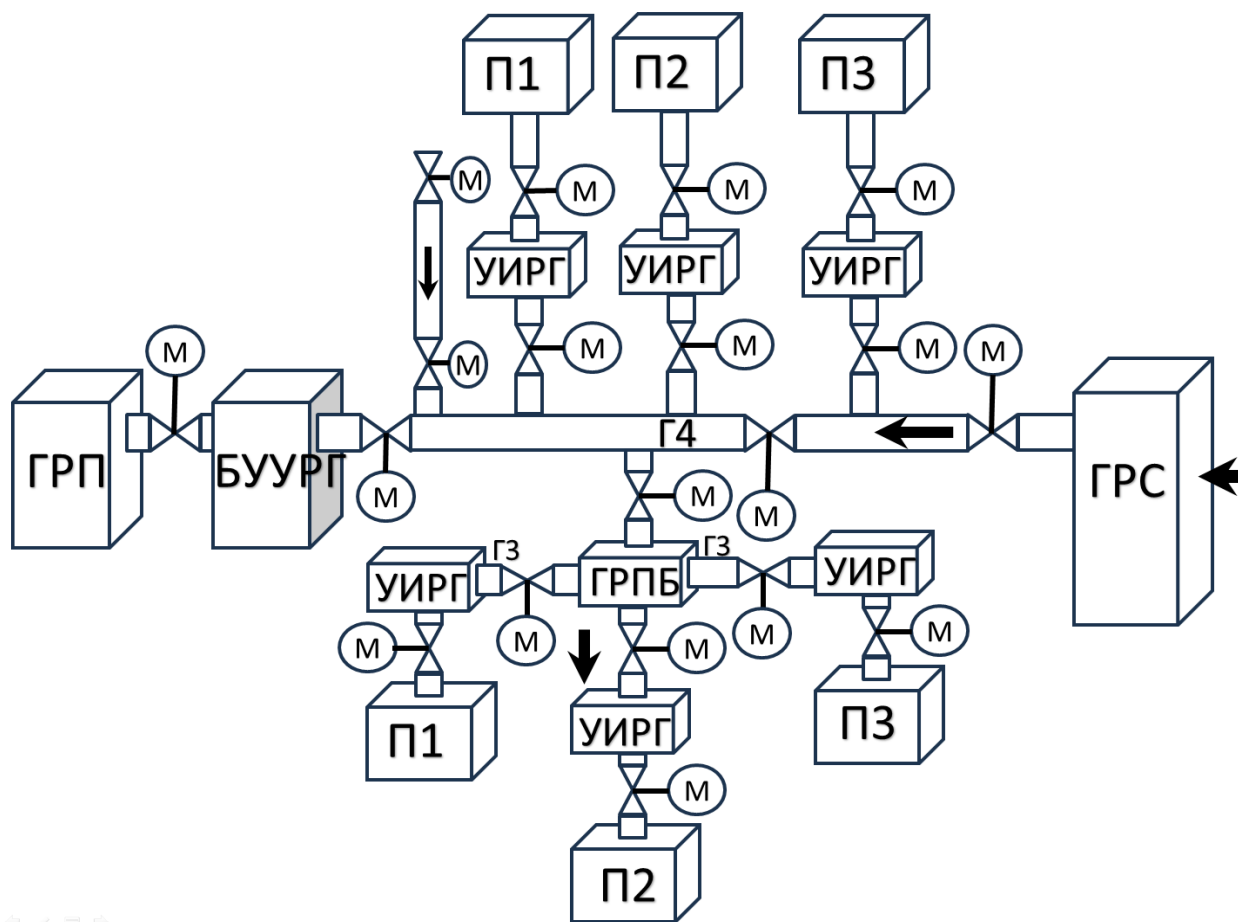


Рис. 4. Вариант реконструкции №3

Данная технологическая схема предусматривает подключение к выходу ГРС со строительством газопровода Г4 от ГРС до ГРП 1 уровня. Предусматривается прокладка газопровода высокого давления подземного стального, затем производится подключение в газопровод Г4 и устанавливается ГРПБ для потребителей Г3. Также предусматривается установка индивидуальных узлов измерения расходов газа.

Данная схема имеет преимущества такие же, как и варианты 1 и 2 и ряд дополнительных преимуществ по сравнению с вариантами 1 и 2:

- увеличение надежности системы за счёт использования полиэтилена как материала для газопроводов;
- уменьшение нагрузки на существующие сети и существующие катодные станции и увеличение их ресурса;
- более стабильная работа ГРПБ в летний период при малом расходе газа;
- возможность оптимизации затрат на строительство сети газораспределения Г3 за счёт установки ГРПБ в месте наибольшего отбора природного газа.

ВЫВОДЫ

Благодаря современному развитию науки, технологии и создание новых материалов появилась возможность предусматривать вариантность при реконструкции технологических систем сетей газораспределения, при этом каждый вариант должен быть индивидуально проработан для конкретных условий местности и режима отбора газа.

Практической значимостью данной работы является анализ технологических систем сети газораспределения и разработка вариантов реконструкции сетей газораспределения путем изменения существующей технологической схемы сети газораспределения. Представленная вариантность реконструкции существующей сети направлена на повышение надежности, безопасности, повышения контроля за расходом газа и удобства эксплуатации газораспределительных сетей, а также на расширение числа потребителей природного газа. Каждый из предложенных вариантов приближает к достижению этих целей.

Полученные результаты и разработанные технологические схемы сетей газораспределения могут быть использованы для разработки рекомендаций по улучшению технических и организационных решений в области газораспределения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Жила, В. А.* Развитие систем газораспределения и газопотребления в Российской Федерации / *В. А. Жила, Е. Л. Спирина, А. Г. Ломакин* // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2016. – № 6. – С. 66-80. – EDN WELEDP.
2. *Спектор, Н. Ю.* Состояние газификации и анализ использования различных энергоресурсов в Российской Федерации / *Н. Ю. Спектор* // Нефть, газ и бизнес. – 2017. – № 6. – С. 3-12. – EDN YTYMZF..
3. *Новак, А.* Ускоренная газификация регионов России -благополучие и комфорт наших граждан / *А. Новак* // Энергетическая политика. – 2022. – № 7(173). – С. 6-11. – DOI 10.46920/2409-5516_2022_7173_6. – EDN KSBEZF.
4. *vesti.ru* // Уровень газификации в России/ [Электронный ресурс] // URL: <https://www.vesti.ru/finance/article/3149041>
5. *Патракова, С. С.* Газификация сельских территорий Вологодской области: история и перспективы / *С. С. Патракова* // Проблемы развития территории. – 2021. – Т. 25, № 3. – С. 52-71. – DOI 10.15838/ptd.2021.3.113.4. – EDN XYMTJQ.
6. *Сухарев М.Г., Ставровский Е.Р., Брянских В.Е.* Оптимальное развитие систем газоснабжения / М: Издательство «Недра» 294 с.
7. *Ионин А.А.* Газоснабжение: Учебник для вузов //М.: Стройиздат, 1989. —439с.
8. *Фаттахов М.М.* Применение труб из термопластов при строительстве и реконструкции распределительных трубопроводов// Уфимский государственный нефтяной технический университет УДК 622.692.4 2006 – 14с.
9. *k-chgaz.ru* // Прейскурант цен на услуги газового хозяйства по техническому обслуживанию и ремонту газораспределительных систем на 2022 год/ [Электронный ресурс] // URL: [https:// k-chgaz.ru/files/332/prices_2022.pdf](https://k-chgaz.ru/files/332/prices_2022.pdf)
10. *sibgazovik.ru* // Инновации в области систем газораспределения [Электронный ресурс] // URL: <http://www.sibgazovik.ru/news/association/2019-07-11>.

Секция 9. Комплексная безопасность в гидротехническом, энергетическом и геотехническом строительстве

ВЫБОР КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПРОЕКТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ТЭС

В.А. Федчиков, А.А. Морозенко

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

В энергетическом комплексе Российской Федерации доля установленной мощности, приходящейся на ТЭС составляет 68% [1], доля выработки электроэнергии 65% [1], что делает тепловую энергетику одним из основных источников генерации. На ряду с этим большая часть ТЭС, как по количеству, так и по установленной мощности была запущена в эксплуатацию в период с 1965-1985 годы и имеет срок эксплуатации более 35 лет, т.е. оборудование существенным образом изношено.

В пределах нормативного срока эксплуатации находятся лишь 30,6% оборудования, 62% выработало нормативный срок эксплуатации, 7,4% выработало 2 и более срока эксплуатации [1]. Среди отработавших нормативный срок эксплуатации 59% ТЭС требуют обширной модернизации оборудования, 41% не имеют более ресурсов для дальнейшего использования и требуют демонтаж генерирующих мощностей под замену [2].

Возможны два основных пути решения проблемы:

- Демонтаж отдельных зданий и сооружений или всего объекта с последующим возведением нового объекта.
- Реконструкция, модернизация или техпереворужение в т.ч. с изменениями в конструкциях и объёмно-планировочных решениях ГК и сопутствующих сооружениях.

Т.к. не всегда имеется возможность долгосрочного отключения целой станции для полного демонтажа и последующего монтажа новой станции, а так же недостаточно свободной площади на территории промышленной площадки и в районах расположения ТЭС из-за плотной застройки, то наиболее перспективным вариантом является поэтапная реконструкция, модернизация или техпереворужение отдельных блоков ТЭС, в пределах главного корпуса, с сохранением имеющейся инфраструктуры.

Исходя из всего вышеизложенного необходимо разработать подходы по вводу замещающих мощностей, с улучшенными производственными характеристиками и с минимальными капиталовложениями.

Ключевые слова: ТЭС, ТЭЦ, реконструкция, техническое перевооружение, модернизация, ПГУ, ГТУ, газификация твёрдого топлива.

Цель статьи

Установить наиболее приемлемые пути для технического перевооружения, а также тип наиболее предпочтительного оборудования, используемого для замены отработавших генерирующих мощностей с учетом перспективных технологий.

Научная новизна работы состоит в выявлении наиболее значимых критериев оценки, наиболее полно оценивающих процессы реконструкции и технического перевооружения ТЭС и позволяющих комплексно сравнивать варианты проектов как с технической, так и экономической эффективности. Так же приведена методика оценки, применимая для любого объекта тепловой генерации энергии.

Перспективные технологии

Паротурбинные установки (ПТУ)

ПТУ сегодня являются самыми распространенными на ТЭС. Мировая энергетика обладает огромным опытом по их созданию и эксплуатации. Паровые турбины производятся в широком диапазоне мощностей, достигающих 1000–1200 МВт, они обладают достаточно высокой надежностью и экономичностью при работе с мощностью 30–100% от номинальной [5, 6, 12]. В современных условиях, как правило, возникает необходимость

привязки компоновок ПТУ к уже существующим строительным конструкциям, схемам и оборудованию ТЭС. Особую сложность в вопросах компоновки ПТУ представляют теплофикационные ПТУ, как требующие наиболее сложных технических решений при компоновке оборудования и трассировке трубопроводов установок. Проектирование компоновок ПТУ является сложным многовариантным процессом в последовательности мероприятий по разработке проектно-конструкторской документации для ТЭС [12].

Парогазовые установки (ПГУ)

В последнее время ПГУ являются наиболее динамично развивающимися тепло- и электрогенерирующими установками [5, 6]. Ежегодно появляются новые более экономичные модели ПГУ или осуществляются какие-то доработки ранее выпущенных моделей с повышением параметров и показателей. Реконструкция и техническое перевооружение ТЭС и ТЭЦ с внедрением газовых турбин имеет ряд преимуществ по сравнению с паросиловыми установками [6], а именно:

- уменьшается удельный расход условного топлива на 8-20 % (в зависимости от технологической схемы) на отпущенный кВт*час как за счет высоких КПД установок, так и за счет снижения расхода энергии на собственные нужды;
- снижаются выбросы вредных веществ в атмосферу: окислов азота в 1,5 раза, уменьшается тепловое загрязнение в 1,3 раза, значительно уменьшаются выбросы CO₂;
- уменьшается потребление технической воды на 40 %; снижается металлоемкость в 1,7 раза;
- удельная мощность на единицу площади уменьшается в 2-3 раза; значительно уменьшаются удельные капиталовложения.

Газотурбинные установки (ГТУ)

Газовая турбина, основными элементами которой являются сопловые лопатки, установленные в статорной части, и рабочие лопатки, установленные на роторной части газотурбинной установки, предназначена для преобразования потенциальной энергии потока рабочего тела в механическую энергию вращающегося вала с дальнейшей передачей ее электрогенератору, нагнетателю природного газа и другим нагрузочным устройствам. Электрические мощности современных энергетических ГТУ достигают 260–280 МВт [12].

Развитие и совершенствование современного стационарного энергетического газотурбостроения в направлении повышения экономичности и надёжности работы газотурбинных установок определяются по сути следующими факторами:

- термодинамическими законами, описывающими рабочие циклы газотурбинной установки, и возможностями реализации выбранных циклов;
- возможностями современного материаловедения по созданию новых жаропрочных и жаростойких материалов;
- возможностями создания новых, высокоэффективных, надёжных систем охлаждения, обеспечивающих дальнейшее повышение начальной температуры газа в цикле;
- возможностями аэродинамического совершенствования процессов течения в проточной части газотурбинной установки.

Установки на газифицированном топливе.

Один из возможных способов подготовки топлива для ПГУ и ГТУ это газификация твёрдого топлива. ТЭС с внутрицикловой газификацией экологически более чистая, т.к. благодаря предварительной очистке газа сокращаются выбросы оксидов серы, азота и твердых частиц. Использование бинарного цикла позволяет увеличить КПД электростанции с 35 до 45–52 % и уменьшить выбросы оксидов азота и серы в 5–10 раз. В

настоящее время разработано много различных технологий газификации угля и других твердых отходов в синтез-газ и метан[24].

Развитие современных технологий газификации направлено на повышение коэффициента готовности оборудования, удешевление получения кислорода для дутья, переход на обогащенное паровоздушное дутье, повышение единичной мощности (сверх 1 ГВт), обработку многоступенчатых газификаторов.

Результаты

Согласно результату анализа имеющихся станций на данный момент на подавляющем большинстве станций используется схема с паротурбинными установками. Исключением являются блоки, построенные после 1990 года, где преобладают ПГУ и ГТУ. Наиболее распространены блоки с агрегатами по 80, 100, 200, 500 и 800 МВт в различных модификациях, работающих преимущественно на газе, реже местном угле. Мощность большинства станций колеблется приблизительно от 400 до 2400 МВт и более. Станции возводились в период с 1965 по 1988 годы по серийным проектам 67-68 (300 МВт) или по проектам 1200 и 2400 МВт. В результате рассмотрения имеющихся станций было выявлено большое разнообразие различных проектов и их модификаций. Наибольшее количество станций выполнены по индивидуальным проектам или по сильно модернизированным вариантам типовых проектов.

Основными тенденциями и перспективными направлениями развития тепловой энергетики являются строительство новых ПГУ-ТЭС, ПГУ ТЭЦ, ГТУ-ТЭЦ с различными модификациями или перевод старых станций на эти схемы. Так же имеются различные варианты для модернизации и повышения эффективности ПТУ ТЭС.

При реконструкции и техническом перевооружении в расчет необходимо принимать множество как имеющихся место параметров, так и проектируемых.

Алгоритм технического перевооружения является неким стандартным процессом разработки и реализации проекта техперевооружения.

Для проработки методических подходов к оценке критериев проектов реконструкции ТЭС необходимо задать алгоритм, по которому будет возможность рассмотреть зависимости между различными техническими и экономическими параметрами реконструируемых зданий.

Критерии существующих решений.

Для оценки проектных решений согласно Нагинской В.А. [13] рекомендуется использовать следующие группы факторов:

- Функционально-технологическая (схема процесса, размещение компонентов, графики движения людей и машин)
- Архитектурно-строительная (Площадь, этажность, объем, периметр наружных стен, конструктивная насыщенность плана, факторы строительной физики)
- Технология строительства (Используемая технология СМР, Используемая строительная техника)
- Экономическая эффективность (строительная стоимость, эксплуатационные затраты)

Требования от которых зависит компоновка главных корпусов ТЭС включают в себя следующие факторы[3, 5, 8, 10, 12]:

- Функционально-технологическая (расположение основного и вспомогательного оборудования, протяженность коммуникаций, симметричная трассировка коммуникаций относительно котла, минимальная разница отметок конденсатора и источника охлаждения.)
- Архитектурно-конструктивная (обеспечение условий для эксплуатации, монтажа и демонтажа, ремонта оборудования, модульность компоновки блоков, использование современных материалов, обеспечение высоких технико-экономических показателей)

- Эксплуатационная, санитарно-гигиеническая, и охраны труда (свободный доступ персонала к оборудованию, обеспечение необходимых санитарных условий для персонала, выделение мест постоянного пребывания персонала)
- Надёжность и безопасность (разделение энергоблоков противопожарными преградами, обеспечение необходимой степени огнестойкости конструкций, размещение взрывопожароопасных систем и оборудования в специальных помещениях, организация легко сбрасываемых ограждающих конструкций, организация эвакуационных путей, разделение энергоблоков противопожарными преградами)

Критерии модернизированных решений.

В связи с процессом модернизации проектировщик вынужден отталкиваться от реализованных проектных решений, по возможности минимально их корректируя.

Ввиду слабой ориентированности всех вышеописанных критериев на процессы реконструкции, модернизации, техперевооружения ТЭС для дальнейшей работы необходимо выделить критерии, наиболее полно оценивающие данные процессы и разбить их на функциональные группы:

- Конструкционные критерии (объём железобетонных элементов, не удовлетворяющих требованиям по прочности, объём железобетонных элементов, не удовлетворяющих требованиям по устойчивости, объём железобетонных элементов, не удовлетворяющих требованиям по огнестойкости, объём металлических конструктивных элементов, не удовлетворяющих требованиям по прочности, объём металлических конструктивных элементов, не удовлетворяющих требованиям по устойчивости, объём металлических конструктивных элементов, не удовлетворяющих требованиям по огнезащите, объём заменяемых ограждающих конструкций, объём заменяемых конструкций покрытия)
- Архитектурные критерии (использование внутреннего полезного объёма здания, использование площадей здания, объём вновь возводимых перекрытий, объём вновь возводимых стен, объём вновь возводимых площадок техобслуживания, площадь пристроек к зданию, объёмно-планировочные решения, обеспечивающие требования безопасности труда, объёмно-планировочные решения, обеспечивающие требования пожарной безопасности, объёмно-планировочные решения, обеспечивающие требования санитарно-бытовых условий пребывания в помещении)
- Функционально-технические критерии (протяженность трубопроводов основного оборудования контура, расположение оборудования относительно расстояний и высотных отметок, нагрузки и воздействия от оборудования на несущие конструкции)
- Строительные критерии (технология проведения демонтажа оборудования, масса удаляемого оборудования, масса удаляемых сетей трубопроводов, протяженность удаляемых электрических сетей, объём удаляемых перегородок, объём удаляемых перекрытий, масса удаляемых технических путей), технология проведения строительно-монтажных работ, (объём усиливаемых элементов конструкции, объём заменяемых элементов конструкции, объём вновь возводимых конструкций под оборудование), использование имеющихся технических мощностей (краны, транспортные пути), объём выполняемых временных конструкций, технология монтажа оборудования)

Оценка критериев модернизированных решений.

Для оценки приведённых выше критериев необходимо разбить данные критерии на элементарные составляющие, поддающиеся численной оценке. В качестве элементарных составляющих используются:

- Масса строительных конструкций
- Объём строительных конструкций
- Проектные решения

Помимо самих критериев, их численного выражения и зависимостей, на них влияющих необходимо понимать их значимость (вес) в проекте. Вес критериев может зависеть от большого количества факторов. Прежде всего это прямое или опосредованное влияние одних критериев на другие, технические и экономические возможности и пожелания заказчика и т.д.

Ввиду невозможности предугадать конкретную ситуацию, имеющуюся на отдельной станции и для получения некоторых усреднённых параметров определение веса критериев для данной работы, производится согласно теоретическим выкладкам и практическому опыту авторов, которые те описали в своих работах, связанных реконструкцией объектов тепловой энергетики.

Т.к. многие критерии имеют схожие исходные параметры или прямую взаимосвязь, то допустимо объединить их в группы по весу, чем уменьшить до необходимого минимума количество определяемых весовых значений.

Вес критериев определялся исходя из теоретических и практических выкладок в работах различных авторов и общей практики разработок проектов и производства работ.

Вес каждой группы критериев определяется исходя из практики, требований к проекту реконструкции и является фиксированным для всех вариантов проекта. Вес определяется в диапазоне от 0 до 1 с шагом 0,05, где: 0 – не имеет значения, 1 – важно.

После определения значений для каждого критерия и получения оценок различных проектных решений выполняется сравнение полученных оценок для выявления наиболее качественного варианта. Оценка проектного решения основывается на получении некоего условного значения, соответствующего каждому из представляемых вариантов проекта. Условное значение (оценка) является суммой произведений групп критериев и соответствующих весов критерия.

Формула расчета оценки проведения работ по техническому перевооружению электростанций:

$$\begin{aligned} S_p = & (G_{K1.1} + G_{K1.2} + G_{K1.3} + G_{K3})S_1 + (G_{K2.1} + G_{K2.2} + G_{K2.3})S_2 + G_{K4}S_3 \\ & + (G_{A1} + G_{A2})S_4 \\ & + (G_{A3.1} + G_{A3.2} + G_{A3.3} + G_{A4} + G_{A5.1} + G_{A5.2} + G_{A5.3})S_5 \\ & + (G_{\Phi 1} + G_{\Phi 2} + G_{\Phi 3})S_6 \\ & + (G_{C1} + G_{C1.1} + G_{C1.2} + G_{C1.3} + G_{C1.4} + G_{C1.5} + G_{C1.6})S_7 \\ & + (G_{C2} + G_{C2.1} + G_{C2.2} + G_{C2.3} + G_{C3} + G_{C4} + G_{C5})S_8; \end{aligned} \quad (1)$$

Где:

- G_i – критерий проектного решения;
- S_i – Вес группы критериев.

Для комплексного сравнения вариантов проекта наиболее предпочтительным будет оценка как технической, так и экономической эффективности выбираемых вариантов проведения технического перевооружения электростанций.

Стоимость производства электроэнергии определяется за весь жизненный цикл ЭС, начиная со стадии проектирования и до ликвидации объекта. Этот показатель называется нормированной (уравновешенной) стоимостью электроэнергии, включающей все возможные инвестиции, затраты и доходы. Методика выполнения оценки проектного решения сводится к выявлению всех критериев проекта, расчету оценки проекта, а также расчету нормированной стоимости производства электроэнергии. В дальнейшем

выполняется сравнение полученных показателей и выявляется наиболее качественный вариант проекта. По выявлению итогового варианта производится расчет экономической эффективности проекта. Нормированная стоимость производства электроэнергии (LCOE) определяется за жизненный цикл любой электростанции по следующей формуле:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}, \text{ руб./МВт} \cdot \text{ч}; \quad (2)$$

Где:

- $t=1 \dots n$ – время службы станции (количество полных лет);
- I_t – инвестиционные затраты в год (руб.);
- M_t – операционные затраты и затраты на содержание в год (руб.);
- F_t – затраты на топливо, (руб.);
- E_t – производство электроэнергии в год;
- r – ставка рефинансирования;
- n – жизненный цикл системы, лет.

Нормированная стоимость — это долгосрочная стоимость мегаватт-часа электроэнергии, которая обеспечивает стабильную цену для потребителей этой энергии, а инвестору – приемлемый уровень доходности и безубыточность его инвестиций в строительство электростанций. На сегодняшний день это самая распространенная методика оценки конкурентоспособности различных проектов электростанций. Понятие нормированной стоимости широко используется при инвестиционном анализе и тарифообразовании.

По итогам рассмотрения существующих станций были рассмотрены различные типовые проекты требующие реконструкции. Наиболее распространённым типовым проектом, подходящий рассматриваемым критериям является типовой проект 67-68.

В первую очередь рассматривается порядок работ с блоками: работа или отключение отдельных блоков, расположение каждого блока в главном корпусе, возможности подъезда к стройплощадке. После определения порядка работ следующим вопросом ставится компоновка нового оборудования в блоке. В зависимости от схемы существует множество перспективных вариантов выполнения технического перевооружения.

Для ПТУ имеется два основных варианта реконструкции: 1) реконструкция оборудования с заменой на аналогичное или модернизированное; 2) Замена оборудования на новые модели, с изменением несущих конструкций и фундаментов под оборудование.

Главным плюсом использования технологии ПТУ является возможность использования твердого топлива (уголь, торф и т.д.). Это является весьма серьезным аргументом при упрощенном доступе к углю и имеющемуся угольному хозяйству.

Для парогазовой установки имеется по несколько вариантов установки для каждого оборудования. Газотурбинная установка возможна к установке как полностью в машинном отделении, так и с заходом в деаэрационную этажерку. Котёл утилизатор так же может устанавливаться, как только в котельное отделение, так и в котельное с заходом на этажерку. Для дымовой трубы возможны варианты установки как на котёл, в пределах машинного отделения, так и в стороне от котла за пределами машинного зала. В данной работе будет рассмотрен вариант с расположением газовой и паровой турбин в турбинном отделении, котла утилизатора в котельном с проставкой между газовой турбиной и котлом в деаэрационной этажерке.

При выборе схемы использования ГТУ необходимо рассмотреть два варианта установки: с использованием пространства как машинного, так и котельного отделения для расположения газотурбинных установок. Второй вариант подразумевает расположение газовых турбин в машинном отделении и оборудования для газификации твердого топлива

Сложностью при использовании ПГУ и ГТУ является необходимость использования как газомазутного топлива в дополнение к пылеугольному топливу, так и исключительно

газотопливного или дизельного топлива. Помимо топлива появляется необходимость осуществлять фильтрацию воздуха для создания газо-воздушной смеси для сжигания.

Табл. 1. Расчет по отдельным критериям.

Варианты проведения реконструкции	ПГУ		ПГУ	ГТУ	
	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 1	Вар. 1	Вар. 2
S_p	3.7675	3.5065	3.802	3.2915	3.7765
$LCOE$	9901.7	8127.7	9476.1	11743.4	8064.6

ВЫВОДЫ

По итогу сравнения выявлен наиболее подходящий проект технического перевооружения: ПГУ. Парогазовая установка с турбиной, смонтированной в турбинном отделении и котлом-утилизатором в котельном отделении, с соединением оборудования при помощи проставки в этажерке. Так же следует рассмотреть, как возможные к применению варианты с реконструкцией имеющегося оборудования и вариант ГТУ с газификацией угля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года [утв. Правительством от 13 ноября 2009 г.]. - М.: Минэнерго, 2009.
2. Баринов В.А., Маневич А.С., Сапаров М.И. Технологическая модернизация электроэнергетики России. Программа модернизации электроэнергетики России на период до 2030 года. // Энергетический Институт им. Г.М.Кржижановского. 2017
3. Кабанов М.С., Новикова О.В. Критерии выбора проекта реконструкции тепловой электростанции // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2010. №1. С. 155-159.
4. «Основные подходы к проведению отборов на реконструкцию (техническое перевооружение, модернизацию) тепловых электрических станций.» Совещание по вопросам развития электроэнергетики 14 ноября 2017 года (Пр-2530) от 14-11-2017 Собрание актов Президента и Правительства Российской Федерации. // Министерство Энергетики РФ.: Москва, 2018.
5. Замалеев М.М. Шарапов В.И. Анализ тепловых схем энергоблоков повышенной эффективности. // Проблемы энергетики. 2006. №9. С.3-14.
6. Буров В.Д., Конакотин Б.В., Цанев С.В. Особенности применения парогазовой технологии на угольных электростанциях. // Энергосбережение и водоподготовка, 1998. -№1.-С.37-43.
7. Шелудько Л.П. Методика анализа характеристик ТЭЦ надстраиваемой ГТУ с паровыми котлами-утилизаторами // Вестник СГТУ. 2004. №4(5). С. 104-113.
8. Березинец П.А., Копсов А.Я, Газотурбинная надстройка блоков 300 МВт Костромской ГРЭС. // Электрические станции, 1999. №7. - С. 64-72.
9. Шапошников В.В. Повышение эффективности ГТУ и ПГУ путем совершенствования тепловых схем и оптимизации параметров.: дис. ... канд. Тех. наук: 05.14.14.- Краснодар, 2016.
10. Вишницкий И.К., Кириллов Ю.И., Лейпунский Б.Ф., Пергаменщик Б.К., Сапожников Ф.В., Теличенко В.И. Строительство тепловых электростанций. Том 1. Проектные решения тепловых электростанций: учебник для ВУЗов / И.К. Вишницкий, Ю.И. Кириллов, Б.Ф. Лейпунский, Б.К. Пергаменщик, Ф.В. Сапожников, В.И. Теличенко; под общ. ред. В.И. Теличенко. - М.: Издательство АСВ, 2010. - 376 а.
11. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции / В.Я. Рыжкин; под ред. В.Я. Гиршфельда. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 321 с.
12. Купцов И.П., Иоффе Ю.Р. Проектирование и строительство тепловых электростанций / И.П. Купцов, Ю.Р. Иоффе. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 408 с.;
13. Нагинская В.С. Основы и методы вариантного проектирования промышленных зданий: диссерт. ... докт. техн. наук: 05.23.10 / Валентина Савельевна Нагинская. - М., 1983. - 370 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Е.О. Волкова

АО «Мособлгидропроект», г. Дедовск,

ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», 105064, г. Москва, ул. Казакова, д. 15,

ekaterinaone@yandex.ru

Аннотация

Жесткие правила и высокие стандарты гидротехнического строительства мотивируют отрасль уделять первостепенное внимание основному тренду – устойчивому строительству, означающему в том числе проектирование и возведение экологически ответственных, энергоэффективных и экономически жизнеспособных сооружений. Объектом исследования являются гидроэлектростанции (ГЭС) различной типологии. В статье рассматриваются проблемы и анализируются вопросы промышленной безопасности гидротехнических зданий и сооружений (ГТС). Уделяется внимание общим понятиям «гидротехнические здания», «гидротехнические сооружения», «экологическая безопасность ГТС», «управление рисками на ГТС». Рассматривается нормативная обеспеченность, регулирующая вопросы сроков службы ГТС. Уделяется внимание основным мерам обеспечения промышленной безопасности ГТС, включающую в себя такие понятия как экологическая, техническая (инженерная) и социальная безопасность, путем анализа научных трудов и степень их проработанности, посвященных данному направлению. В рамках сохранения биоразнообразия рассмотрены особенности, связанные с осуществления экологической безопасности на ГТС – рыбные лестницы, рекомендовано их применение в системе отечественных гидроузлов и дальнейшая проработка авторского дизайна, для создания интересных локаций, позволяющих внести вклад в развитие туризма на гидроэлектростанции и создания экологических троп. Автор использовал различные методики: эмпирические (обобщение опыта проектирования ГТС, экспертные оценки и тестирование), теоретические (методы анализа и синтеза, идеализация, моделирование, постановка проблем и построение гипотез).

ВВЕДЕНИЕ

Гидроэнергетика является лидирующим видом энергетики на основе использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в РФ, которая вносит существенный вклад в деятельность всей электроэнергетической отрасли. Доля гидроэлектростанций, включая гидроаккумулирующие электрические станции (ГАЭС), в структуре генерирующих мощностей составляет около 21 процента по состоянию на 01.01.2022 г. [7] (Рис. 1)

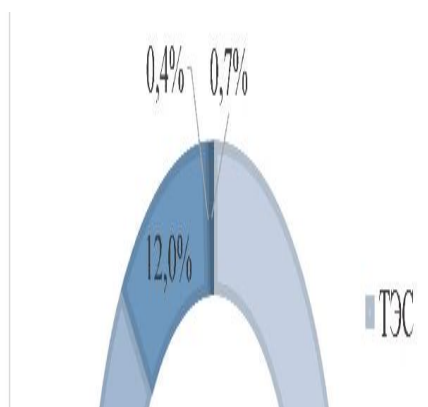





Рис. 1. Структура генерирующих мощностей в России по типам электростанций, % (Рисунок автора)

Основной задачей в области охраны окружающей среды является эксплуатация действующих, проектирование и строительство новых ГЭС. (Рис. 2 а,б)

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ		
при использовании энергии потока воды для преобразования механической энергии в электрическую энергию и области охраны окружающей среды		
Тип	Гидроэлектростанция, гидроаккумулирующая электрическая станция	
		
Эксплуатация действующих ГЭС, ГАЭС	Комплексная реконструкция и модернизация	Проектирование и строительство новых ГЭС, ГАЭС

а)

Основные направления развития		
Поддержание рабочего состояния и мониторинг действующих ГЭС, ГАЭС	<p>Перервинская ГЭС</p> 	<p>Баксанская ГЭС</p> 
	<p>Каскад Кубанских ГЭС. Здание Кубанской ГЭС-3, ГЭС-4</p> 	
Реализация программ комплексной реконструкции и модернизации и обновление основных фондов для предупреждения негативных последствий		
Проектирование и строительство	Красногорские малые ГЭС, и другие перспективные проекты в России (Нижне-Зейская ГЭС, Селемджинская ГЭС, Верхнебаксанская ГЭС, Могохская ГЭС и пр.)	

б)

Рис. 2. а) Основные направления развития гидроэнергетики, обеспечения промышленной безопасности и области охраны окружающей среды; (Рисунок автора)
б) ГЭС России. (Рисунок автора)

Уникальность и техническая сложность объектов энергетики, в особенности зданий и сооружений гидроэнергетического комплекса определяют необходимость их научно-технического сопровождения на различных этапах жизненного цикла проекта (от стадии технико-экономического обоснования проекта и проектирования, до стадии строительства, эксплуатации и реконструкции). Много лет ведутся поиски создания типовых проектов гидроэлектростанций (ГЭС), но в виду специфики отрасли, после привязки объекта на местности учитывается ряд факторов (климатические, геологические, конструктивные, параметры разрешенного строительства и использования земельного участка и пр.), делающие каждый проект ГЭС индивидуальным в части технических, конструктивных, архитектурно-художественных решений. Архитекторы, инженеры и ученые сталкиваются с необходимостью постоянного совершенствования методик и подходов проектированию, отслеживания актуальности нормативных требований, регламентирующих деятельность в области гидроэнергетики и соблюдение правил и высоких стандартов гидротехнического строительства. Очень важно обобщать многолетний опыт проектирования, научно-технического сопровождения для сокращения сроков проектирования и строительства, реконструкции, внедрения в практику новых технологий, строительных материалов, обеспечивающих промышленную и экологическую безопасность объектов ГЭС.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методология и методы исследования базируются на комплексном изучении проблематики обеспечения промышленной безопасности гидротехнических зданий и сооружений и включают:

- анализ работ, научных трудов, литературных источников, посвященных проблематике исследования;
- натурное обследование и изучение материалов обследования некоторых ГЭС России;
- изучение проектной и рабочей документации реализованных проектов в России, систематизация и анализ, обобщение концептуальных решений;
- применение навыков и практического опыта моделирования здания ГЭС, ГАЭС с использованием технологии информационного моделирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Гидротехнические здания – это основные здания, предназначенные для производства электроэнергии, связанные инженерными и технологическими решениями с гидротехническими сооружениями или вспомогательные здания, предназначенные для решения других задач. Они могут включать в себя здание ГЭС, здание ГАЭС, насосные станции, трансформаторные подстанции, административные здания и другие объекты.

Гидротехнические сооружения – это технически сложные инженерные объекты, расположенные на водных объектах и имеющие непосредственный контакт с водной средой. Они могут быть основными (плотина, шлюз, уравнильная башня, водосброс) или вспомогательными (насосная станция, водопропускное сооружение и т.д.) и использованы для различных целей: производство электроэнергии, водоснабжение, орошение, регулирование стока и др.

С точки зрения эксплуатации, всех их объединяет негативное воздействие водной среды и климатических факторов, что требует разработки мероприятий по их защите и поддержке нормативного состояния с учётом специфики работы каждого сооружения. [11]

Гидротехнические сооружения первого и второго классов, устанавливаемые в соответствии с законодательством о безопасности гидротехнических сооружений относятся к особо опасным, технически сложным объектам [5]. Нередко, гидротехнические здания и сооружения относятся к уникальным объектам: проектными решениями предусматривается заглубление подземной части (полностью или частично) ниже планировочной отметки земли более чем на 15 метров или наличие консоли более чем 20

метров, либо пролеты более чем 100 метров [5], учитываются также критерии классификации гидротехнических сооружений [2].

Большинство сооружений третьего и четвертого классов опасности – а это 98,7 процента всех гидротехнических объектов в стране – построены 30-70 лет назад и отработали свой срок службы на 60-100 процентов [11]. По заданию Правительства ведомство готовит законопроект, позволяющий продлевать срок их эксплуатации, разрабатывает порядок и методы такой процедуры⁴⁸. Каждый гидроузел и ГТС в его составе должны быть обследованы в индивидуальном порядке, проведена оценка их безопасности в соответствии с актуальными требованиями нормативно-технических документов, а не устаревшими, иначе новые наводнения, нештатные ситуации могут повлечь аварии, которые здания и сооружения могут не выдержать.

Обеспечение промышленной безопасности гидротехнических зданий и сооружений включает в себя комплекс мер, направленных на предотвращение аварий, инцидентов и других чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях, а также минимизацию их последствий. [1, 2, 6]

Основные меры обеспечения промышленной безопасности ГТС включают в себя [1, 2, 3, 6].

Инженерная (техническая) безопасность:

- Проектирование, строительство, эксплуатация и реконструкция гидротехнических сооружений в соответствии с требованиями безопасности, установленными законодательством и нормативными документами.
- Проведение регулярного мониторинга состояния сооружений, включая контроль уровня воды, исследование состояния бетона, металла и других материалов, а также контроль состояния оборудования и механизмов.
- Проведение регулярных проверок и инспекций гидротехнических сооружений со стороны государственных органов, осуществляющих контроль и надзор в области промышленной безопасности.
- Применение современных российских материалов и программных комплексов. Подключение студентов старших курсов к практическому опыту проектирования и внедрения технологии информационного моделирования в проектную практику. [8, 12]
- Управление рисками на ГТС – это процесс анализа, оценки и управления рисками, связанными с эксплуатацией гидротехнических сооружений. Управление рисками включает в себя идентификацию опасностей, оценку вероятности их возникновения, определение возможных последствий и разработку мер по снижению рисков. [8, 12]

Социальная безопасность:

- Организация и проведение обучения и повышения квалификации персонала, ответственного за эксплуатацию и обслуживание гидротехнических сооружений.
- Разработка и внедрение системы управления промышленной безопасностью на предприятии, включающей в себя процедуры и инструкции по действиям в аварийных ситуациях, а также планирование и проведение противоаварийных тренировок.
- Организация работы с населением и общественными организациями по информированию о мерах безопасности, связанных с гидротехническими сооружениями, и проведении мероприятий по предупреждению населения о возможных опасностях.

Экологическая безопасность ГТС – это состояние гидротехнических сооружений, при котором воздействие их на окружающую среду не приводит к негативным последствиям. Экологическая безопасность ГТС обеспечивается путем соблюдения требований

⁴⁸ Парламентская газета: электронное периодическое издание. Срок эксплуатации старых российских плотин собираются продлить: официальный сайт. URL: <https://www.pnp.ru/politics/srok-ekspluatacii-starykh-rossiyskikh-plotin-sobirayutsya-prodlit.html> (дата обращения 09.12.2023).

законодательства, проведения мониторинга и контроля состояния окружающей среды, а также принятия мер по предотвращению и ликвидации последствий возможных аварий и инцидентов.

Разработка биотехнических мероприятий по сохранению редких видов растений, рыб, животных, птиц на участках непосредственного влияния ГТС является обязательным требованием при разработке проектов ГТС. Иногда важно уделить особое внимание не только инженерной составляющей, но и архитектурному облику станции, а в условиях развития промышленного туризма на гидроэлектростанции это становится все более актуальным.

Строительство рыбоходов, обводных каналов позволяет обеспечить беспрепятственную миграцию рыб и в значительной степени наличие этих сооружений влияет на выживаемость (Рис.3). Рыбные лифты и рыбные шлюзы вызывают много споров и в данном исследовании не рассматриваются.

РЫБОПРОПУСКНЫЕ СООРУЖЕНИЯ, РЫБОХОДЫ И РЫБНЫЕ ЛЕСТНИЦЫ (РЫБНЫЕ ПУТИ)	
водный путь, построенный на естественном или искусственном препятствии или вокруг него и обеспечивающий проход для рыбы и других водных животных.	
Тип	Рыбная лестница
	

Рис. 3. Рыбные лестницы как элемент функционального дизайна архитектурного ансамбля гидроузла (Рисунок автора)

Эксплуатация многих крупных плотин и ГЭС, построенных в начале XIX века в России [10, 13], демонстрирует экологические проблемы, которые могут быть решены в рамках своевременной их идентификации, составления и включения в план мероприятий, дальнейшего технического перевооружения, реконструкции и модернизации. Строительство новых плотин в России непременно должно сохранить практику высоких экологических стандартов с минимальным негативным воздействием и сохранение биоразнообразия.

ВЫВОДЫ

Вопросам архитектуры и комплексного подхода к проектированию объектов гидроэнергетического комплекса не уделялось должного внимания на протяжении нескольких десятилетий. Россия начинает отходить от копирования и адаптирования зарубежного опыта и занимается развитием собственных подходов, технологий в строительстве. [8]

Обеспечение надёжной и безопасной эксплуатации ГТС является одной из приоритетных задач собственника гидротехнического сооружения. Эксплуатирующая организация часто встречается с нетривиальными проблемами, которые требуют тщательного изучения с привлечением специализированных организаций, при этом, если

критерии безопасности соблюдаются и не требуют экстренных мер, то при действующем порядке включение мероприятий по ее решению в производственные программы может достигать нескольких лет. Автор считает, что необходима оптимизация существующего порядка и создание технологичного и более эффективного алгоритма.

Крупные плотины будут поддерживать в работоспособном и безопасном состоянии, а малая гидроэнергетика займет особое место в структуре генерации «чистой энергии».[9]

В современных условиях цифровизации строительной отрасли, развития цифровых технологий, технического регулирования проведение объективного метрологического контроля и выдача заключения о текущем состоянии эксплуатационной надежности ГТС вызывает затруднения. Необходим контроль, позволяющий оперативно реагировать на различные ситуации, ведущие к нарушениям, когда каждое действие проверено и согласовано в автоматическом режиме в цифровом пространстве с возможностью автономной оценки структурной целостности сооружения, что также позволит исключить избыточность норм.

Создание свода правил, который регламентировал бы вопросы проектирования, строительства, эксплуатации и мониторинга как морских, так и речных ГТС является важной задачей.

Проблематика, поставленная в начале исследования раскрыта полно и всесторонне. Цель исследования достигнута. Дальнейшее исследование тематики промышленной безопасности гидротехнических зданий и сооружений может быть связано с расширением границ исследования (территориальных, понятийных, временных), а также рассмотрение конкретных регионов размещения ГЭС, ГАЭС. Полученные результаты могут использоваться в архитектурной и инженерной практике, а также при разработке других типов ГТС.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Российская Федерация. Законы. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений* [Электронный ресурс]: федер. закон Рос. Федерации от 30.12.2009 № 384-ФЗ: [ред. от 02.07.2013]. - Режим доступа: КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф.
2. *Российская Федерация. Законы. О безопасности гидротехнических сооружений* [Электронный ресурс]: федер. закон Рос. Федерации от 21.07.1997 № 117-ФЗ: [ред. от 03.07.2016]. - Режим доступа: КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф.
3. *Российская Федерация. Законы. Водный кодекс Российской Федерации* [Электронный ресурс]: федер. закон Рос. Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ: [ред. от 29.07.2017]. - Режим доступа: КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф.
4. *Российская Федерация. Правительство. Критерии классификации гидротехнических сооружений* [Электронный ресурс]: постановление Правительства Рос. Федерации от 05.10.2020 № 1607. - Режим доступа: КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф.
5. *Российская Федерация. Законы. Градостроительный кодекс Российской Федерации (с изменениями на 4 августа 2023 года) (редакция, действующая с 1 сентября 2023 года)* // АО «Кодекс»: Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901919338?section=text> (дата обращения: 09.12.2023).
6. *СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения: свод правил. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003.* [Электронный ресурс]: утв. приказом Мин-ва регионального развития Рос. Федерации от 29.12.2011 № 623: [ред. от 20.10.2016]. - Режим доступа: КонсультантПлюс. Технические нормы и правила. ВерсияПроф.
7. *Волкова Е.О. Архитектура малых гидроэлектростанций: особенности проектирования и опыт внедрения технологии информационного моделирования / Международный строительный конгресс. Наука. Инновации. Цели. Строительство. Сборник тезисов докладов: Москва, 11–13 апреля 2023 года / Москва: АО «НИЦ «Строительство», 2023. – С. 63-66. ISSN 2949-219X doi.org/10.37538/2949-219X-2023-63-66 [УДК 621.311.21:004.9]*
8. *Волкова Е.О. Применение технологий информационного моделирования при проектировании гидроэлектростанций в России / Е.О. Волкова, С.В. Ильвицкая // Architecture and Modern Information Technologies. 2023. № 1(62). С. 347-361. URL: https://marhi.ru/AMIT/2023/1kvart23/PDF/22_volkova.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2023-1-347-361*
9. *Волкова Е.О. Экологическая безопасность при реконструкции, модернизации и строительстве гидроэлектростанций / Е.О. Волкова, С.В. Ильвицкая // Энергосбережение, 2023. №5. – С. 16-19. ISSN 1609-7505*

10. *Гидроэлектростанции России*. — М.: Типография Института Гидропроект, 1998. — 467 с.
11. *Глухов А.В.* Обеспечение промышленной безопасности гидротехнических объектов / Пятнадцатая научно-техническая конференция ВНИИГ. Гидроэнергетика. Гидротехника. Новые разработки и технологии. Тезисы: Санкт-Петербург, 2023. — С. 196-197. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://ntk.vniig.ru/upload/files/tez15ntk.pdf>
12. *Давлетшин А.Р.* Импортозамещение в сфере обеспечения информационной безопасности / А.Р. Давлетшин, Р.Р. Газизов // История, современное состояние и перспективы инновационного развития общества: сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции, Волгоград., 22 апреля 2022 года. Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2022. С. 15-18.
13. *Дворецкая М.И., Жданова А.П., Лушников О.Г., Слива И.В.* Возобновляемая энергия. Гидроэлектростанции России. — СПб.: Издательство Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, 2018. — 224 с. — ISBN 978-5-7422-6139-1.
14. *Соболь, С. В.* Безопасность гидротехнических объектов [Текст]: учеб. Пособие /С. В. Соболь, А. В. Февралев; Нижегород. гос. архитектур. - строит. ун-т. — Н. Новгород: ННГАСУ, 2018. — 204 с; прилож. ISBN 978-5-528-00334-4

ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОСНОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА, ЗА СЧЕТ ЗАКРЕПЛЕНИЯ СЛАБЫХ ГРУНТОВ

А.В. Трифанов¹, А.С. Тутыгин²

^{1,2}ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова», 163002, г. Архангельск, набережная Северной Двины, д. 17,

¹trifanov.a[at]edu.narfu.ru

²a.tutygin@narfu.ru

Аннотация

Возведение зданий и сооружений, таких как административных зданий, гидротехнических сооружений, линейных объектов строительства в сложных инженерно-геологических условиях требует геотехнического сопровождения на всех этапах жизненного цикла объекта. Возведения сооружения на слабых грунтах используются различные методы и способы для поддержания грунтового массива. В настоящей работе проведен сравнительный анализ различных вяжущих. На примере причала Архангельского порта, выполнено численное моделирование в программно-вычислительном комплексе PLAXIS 3D, с рассчитанными физико-механическими характеристиками, для выбранных вяжущих. Моделирование в программно-вычислительном комплексе PLAXIS 3D показали, что при примененном проектном решении обеспечивается дальнейшая безопасная эксплуатация причала.

ВВЕДЕНИЕ

При возведении зданий и сооружений, таких как административных зданий, гидротехнических сооружений, линейных объектов строительства в сложных инженерно-геологических условиях требует геотехнического сопровождения на всех этапах жизненного цикла объекта.

Одной из причин сложных инженерно-геологических условий является наличие слабых сильнодеформируемых грунтов, в особенности, которые приводят к большим деформациям зданий и сооружений. Примеры таких объектов как Трансконский зерновой элеватор, жилой дом «Бесоба» в Казахстане, Пизанская башня [3] и причал базы технического обслуживания флота в порту Архангельск [1].

Обеспечения надежной эксплуатации объектов строительства необходимо преобразовать (улучшить) свойства слабых (сильнодеформируемых) грунтов для предотвращения непредвидимых деформаций, вследствие которых возникают дефекты в несущих конструкциях, такие как неравномерные осадки, отклонение ограждающих конструкций от вертикали и др.

Возведения сооружения на слабых грунтах используются различные методы и способы для поддержания грунтового массива, которые позволяют максимально исключить осадку. Один из таких методов — это закрепление грунтового массива различными вяжущими [4; 5], которые оптимально могут подойти инженерно-геологическим условиям площадки строительства.

Закрепления используются такие вяжущие как цемент, гипсоглиноземистый расширяющийся цемент (ГГРЦ) [10; 14; 15], водонепроницаемый расширяющийся цемент (ВРЦ) и гипсоглиноземистый цемент [10], известно по данным [10; 7] гипсовые вяжущие, широко распространённый микроцемент [8; 9; 16; 17; 18;], еще такие как глиноземистый цемент [7] и росанцемент [11; 12; 13].

С целью выполнения работ по моделированию, было принято решение использовать гипсоцементно-пуццолановое вяжущие (портландцемент М400 + гипс Г16 + метакаолин МВК 45) и микроцемент (микродур серый М900). Преимущества в их выборе, практически моментального набора прочности [8; 9] по сравнению с цементом и меньших сроков работ, широкая область применения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведенный анализ и результаты численного моделирования напряженно-деформированного состояния в работе «Усиление причала базы технического обслуживания флота в порту Архангельск» [1] показали, что сооружение не отвечает требованиям, предъявляемым к гидротехническому сооружению по надежности и требует разработки мероприятий по его усилению.

Обеспечения надежной эксплуатации причального сооружения необходимо преобразовать (улучшить) свойства слабых (сильнодеформируемых) грунтов в прикордонной зоне акватории и самого причала [1]. В данной работе рассмотрен вариант усиления причала путем устройства дополнительных анкерных тяг и закрепление слабых грунтов, теоретически будет подобран оптимальный состав вяжущего для стабилизации слабого грунта, а также выполнения условия коэффициента запаса $\geq 1,15$.

Прочностные и деформационные характеристики усиленного грунта

В качестве основных параметров механических свойств усиленного грунта следует устанавливать нормативные и расчетные значения прочностных, деформационных и других физико-механических характеристик [2], определяемые на основании результатов инженерных изысканий участка строительства с учетом сопоставимого опыта. Назначаются следующие прочностные и деформационные характеристики грунтоцементных элементов в соответствии с СП 291.1325800.2017 [2]:

- прочность на одноосное сжатие R_{stb} ;
- угол внутреннего трения закрепленного массива φ_{stb});
- сцепление закрепленного массива c_{stb} ;
- модуль деформации E_{stb} , МПа;

В соответствии с СП 291.1325800.2017 [2] нормативные и расчетные показатели сопротивлению сжатию грунтоцемента в связи с длительным набором прочности грунтоцемента в массиве следует определять в возрасте 56 суток. для песчаных и глинистых грунтов. Для микроцемента и ГЦПВ исходя из того, что набор прочности происходит быстрее в 3,5 раза, в грунте примем тогда 16 суток.

Определение класса прочности грунтоцемента с использованием переходного коэффициента k_t

$$R_{stb} = k_t \cdot R_{28}$$

Глинистых грунтов

$$k_t = 0,187 \ln\left(\frac{t}{2}\right) + 0,375$$

До проведения указанных испытаний при проведении численного моделирования при определении значения модуля деформации грунтоцемента E_{stb} используем формулу

$$E_{stb} = k_s \cdot R_{stb}$$

В соответствии с СП 291.1325800.2017 [17] значение k_s принимается равным 70 - 100 для глин и суглинков, значение коэффициента Пуассона ν_{stb} грунтоцемента должно приниматься равным 0,25.

Прочностные характеристики грунтоцемента назначаются, исходя из формул:

$$c_{stb, I} = R_{stb} \cdot 0,35$$

$$c_{stb, II} = R_{stb} \cdot 0,4$$

В соответствии с СП 291.1325800.2017 [2] значение угла внутреннего трения φ_{stb} принимается в диапазоне от 24 до 33°, результаты расчетов приведены в табл. 1.

Табл. 1. Физико-механические характеристики усиленного грунта

Наименование	k_t	R_{stb} , МПа	E_{stb} , МПа	c_{stb}	φ_{stb}
Грунтоцемент	1,00	17,50	2625	7,00	32,00
Грунт+микродур	0,76	19,76	2964	7,90	32,90
Грунт+ГЦПВ	0,76	15,20	2280	6,08	31,08

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Расчеты устойчивости системы «причал-основание» (по I группе предельных состояний) выполнены путем пропорционального уменьшения значений угла внутреннего трения (φ) и удельного сцепления (c) до момента резкого роста расчетных смещений (п. 7.14 [19]).

Результаты численного моделирования приведены в табл. 2, изгибающие моменты в лицевой стене из шпунта Ларсена IV, Ларсена V приведены на рис. 1, 2.

Табл. 2. Результаты численного моделирования по I группе предельных состояний

Наименование	Коэффициента запаса	Изгибающие моменты Ларсена IV, кНм/м	Изгибающие моменты Ларсена V, кНм/м
Грунтоцемент	1,91	206,8...219,0	242,8...248,5
Грунт+микродур	2,13	185,6...196,5	218,0...223,1
Грунт+ГЦПВ	1,69	233,9...247,7	274,6...281,1

Результаты численного моделирования показали, что расчетный коэффициент запаса устойчивости причального сооружения, больше нормативного коэффициента запаса равного 1,15 (п.4.5 [19]).

Предельные изгибающие моменты для шпунта IV составляют $M_{пр} = 324$ кНм/м, для шпунта V - $M_{пр} = 409$ кНм/м. Условие прочности обеспечено ($M \leq M_{пр}$) для шпунтовой стены выполняется. Изгибающие моменты шпунта Ларсена IV, Ларсена V представлены на рисунке 1, 2.

Расчетные усилия в анкерных тягах ($\varnothing 90$ мм) при шаге 1,6 м составили $N = 187,7...190,8$ кН.

Предельная несущая способность анкерной тяги (сталь класса С255) составляет 1369 кН. Несущая способность корня анкера ($l = 5$ м, $\varnothing 150$ мм) составила $F_d = 110,4$ кН.

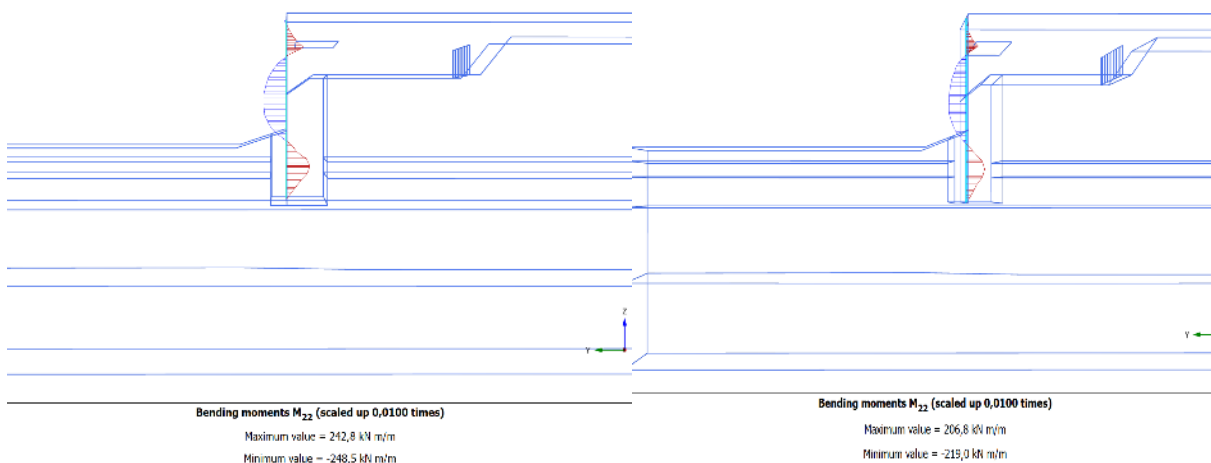


Рис. 1 Изгибающие моменты в лицевой стене из шпунта Ларсена V

Рис. 2 Изгибающие моменты в лицевой стене из шпунта Ларсена IV

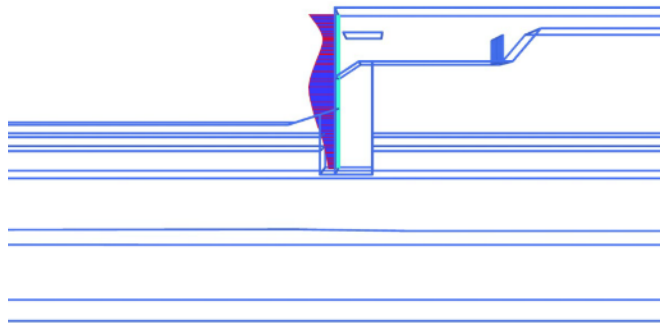
Расчет по деформациям (по II группе предельных состояний) выполнен для определения расчетных перемещений системы «причал-основание» и сопоставления их с

предельными значениями, гарантирующими нормальные условия эксплуатации сооружения и обеспечивающие его надежность и долговечность.

Горизонтальные деформации причального сооружения на стадии эксплуатации представлены в табл. 3 и на рис. 3, 4. Проектное решение представлено на рис. 5.

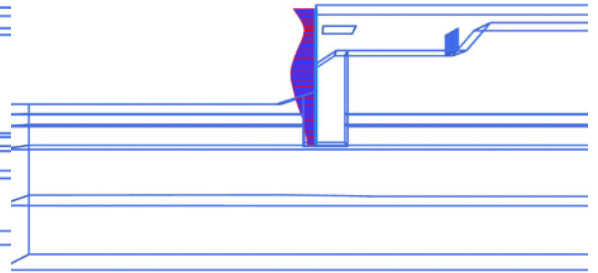
Табл. 3. Результаты численного моделирования по II группе предельных состояний

Наименование	Перемещения лицевой стенки причала, см	расчетный наклон стенки, %
Грунтоцемент	2,2...6,8	0,6...0,7
Грунт+микродур	2,0...6,1	0,5...0,6
Грунт+ГЦПВ	2,5...7,7	0,7...0,8



Total displacements u_y (scaled up 50,0 times)

Maximum value = 0,06783 m
Minimum value = 0,02217 m



Total displacements u_y (scaled up 50,0 times)

Maximum value = 0,06641 m
Minimum value = 0,02188 m

Рис. 3 Горизонтальные перемещения лицевой стены из шпунта Ларсена V

Рис. 4 Горизонтальные перемещения лицевой стены из шпунта Ларсена IV

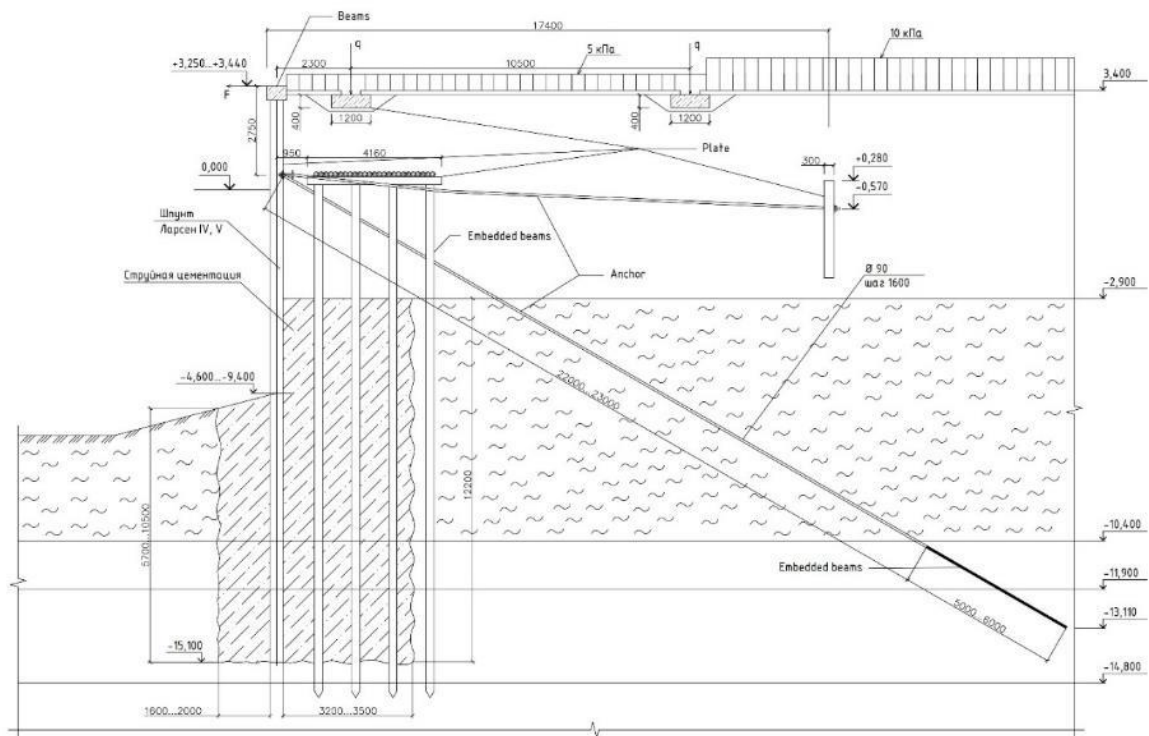


Рис. 5 Проектное решение

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основании работы по моделированию причала базы технического обслуживания флота в порту Архангельск сделаны следующие выводы:

Результаты численного моделирования показали, что при проектном решении с помощью дополнительных анкерных тяг и закреплением грунта одним из вяжущих (цемент, микроцемент, гипсоцементно-пуццолановое вяжущие) обеспечивают дальнейшую безопасную эксплуатацию причала. По расчетам устойчивости и деформациям, при применении микроцемента коэффициент запаса выше чем у других грунтоцемент 1,91, грунт+микродур 2,13, грунт+ГЦПВ 1,69 и расчетный коэффициент запаса устойчивости причального сооружения, больше нормативного коэффициента запаса равного 1,15.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрей Владимирович Трифанов УСИЛЕНИЕ ПРИЧАЛА БАЗЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ФЛОТА В ПОРТУ АРХАНГЕЛЬСК / Владимирович Трифанов Андрей, Анатольевич Коршунов Алексей, Сергеевич Тутьгин Александр // Современное строительство и архитектура.- 2023. - №2 (33). - URL: <https://modern-construction.ru/archive/2-33-2023-february/reinforcing-the-berth-of-the-fleet-maintenance-base-in-the-port-of-arkhangelsk> (дата обращения: 26.11.2023).
2. СП 291.1325800.2017 «Конструкции грунтоцементные армированные. Правила проектирования» // Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/14845/> (дата обращения: 20.11.2023).
3. Беговатова, В. В. Аварии, вызванные недостатками конструкции фундаментов / В. В. Беговатова, Д. А. Зюзенков, О. А. Коробова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2023. — № 4 (451). — С. 42–47. — URL: <https://moluch.ru/archive/451/99305/> (дата обращения: 10.12.2023).
4. Приходченко О.Е., Таржиманов М.А., Таржиманов Э.А., Сычев И.В. Опыт применения метода цементации при закреплении мягко-пластичных грунтов в г. Ростове-на-Дону // Научное обозрение. 2014. №9. Ч.3. С. 746– 750.
5. Железняков В.А. закрепление слабых водонасыщенных грунтов на примере жилого дома в г. таганрог // инженерный вестник дона. - 2021 . - №3 (75) . - с. 335-342.
6. Пособие по химическому закреплению грунтов инъекцией в промышленном и гражданском строительстве (к СНиП 3.02.01–83). — М.: Стройиздат, 1986.
7. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные минеральные вяжущие материалы. М. : Инфра-Инженерия, 2013. 544 с.
8. Панченко А.И., Харченко И.Я. Особо тонкодисперсное минеральное вяжущее «Микродур»: свойства, технология и перспективы использования // Строительные материалы. 2005. № 10. С. 76–78.
9. Иванова И.С., Пустовгар А.П., Нефедов С.В. Сравнение лабораторных методов оценки динамики набора прочности инъекционных растворов на основе микроцемента // Наука и современность. 2016. № 49. С. 69–77.
10. Коровяков В.Ф. Перспективы производства и применения в строительстве водостойких гипсовых вяжущих и изделий // Строительные материалы. 2008. № 3. С. 65–67.
11. Н. С. Шелихов, Р. Р. Сагдиев, Р. З. Рахимов, О. В. Стоянов Романцемент низкотемпературного обжига // Вестник казанского технологического университета. - 2013. - №19. - С. 62-65.
12. СНиП I-B-2-69 «Вяжущие материалы неорганические и добавки для бетонов и растворов».
13. ГОСТ 9179-77 Известь строительная. Технические условия
14. Джанкулаев А.А. Глиноземистый цемент, свойства и применение // Вопросы науки и образования. - 2021. - №11. - С. 18-20.
15. ГОСТ 969-2019 Цементы глиноземистые и высокоглиноземистые
16. Байдаков О. С. Применение материалов Mikrodur для инъекционных работ при укреплении грунтов и усилении конструкций // Метро и тоннели, 2005. № 6. С. 34 - 38.
17. Половова, Э. А. Новое тонкодисперсное вяжущее - микродур / Э. А. Половова // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2009. – № 2. – С. 85-88. – EDN KVVVBQZ.
18. Алексеев С. В. «Микродур» - инъекционное минеральное вяжущее и опыт его применения / Международная научно-техническая конференция «Технологии, оборудование, материалы, нормативное обеспечение и мониторинг для тоннельного строительства и подземных частей высотных зданий». М.: Тоннельная ассоциация России, 2006. С. 198 - 200.
19. СП 23.13330.2018 «СНиП 2.02.02-85* Основания гидротехнических сооружений» (с изменением N 1)

Секция 10. Экономика и управление в сфере строительства и недвижимости

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ИНВЕСТИРОВАНИЯ НАУЧНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗОН В РЕГИОНАХ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТОМСКА И ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.С. Филатова

*ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет»,
634003, Сибирский федеральный округ, Томская область, г. Томск, пл. Соляная, д. 2,
3_nadin@mail.ru*

Рассмотрены вопросы по созданию особых экономических зон и проблемы, связанные с их инвестированием и дальнейшим функционированием. На примере особой экономической зоны «Томск» рассмотрены показатели эффективности использования таких территорий и представлен анализ основных проблем их функционирования.

Для Российской экономики характерна сырьевая направленность. Даже в 21 веке наша страна продолжает экспортировать в большей степени сырье, а не готовую продукцию, так, например, основной статьей экспорта является сырая нефть, а не нефтепродукты, газ, древесина, металл и т.д. Продажа сырья ежегодно увеличивается, а запасы сокращаются, что отрицательно сказывается на экономике регионов и страны в целом. Так, например, по Томской области в структуре внешней торговли преобладает импорт (рис.1).

Все это говорит только о неэффективности экономики, что признается многими известными экономистами. Экономика направлена только на добычу природных ресурсов, а значит прибыль низкая, чем если бы мы реализовывали продукцию, произведенную на их основе.

Экологические факторы, ограничения ресурсного потенциала территорий необходимо учитывать на стадии проектирования и в инвестиционном анализе на строительных предприятиях, а также, при стратегическом планировании и обосновании приоритетных направлений развития территорий [1, с. 256].

Для роста экономики необходимо изменить ситуацию настоящего времени, путем принимая мер. Главной мерой является увеличение суммы инвестиций в самом начале научно-технического развития. То есть инвестировать необходимо фундаментальные научные и прикладные исследования, а так же производство новых технологических процессов для получения готовой продукции. Для этого создаются особые экономические зоны на различных территориях России.

Опыт других государств, таких как Китай, Япония, США, наглядно показал и доказал, что для взаимодействия государства и бизнеса, необходимо эффективно использовать механизм функционирования особых экономических зон.

При создании таких зон, преимуществом является – возможность создания в них особых условий в административно-правовой, финансово-правовой и многих других сферах, открывающих новые возможности, в том числе и для инвестиционной деятельности Российской Федерации [3].

Такие особые экономические зоны включают в себя массу преференций со стороны государства по трем ключевым для бизнеса направлениям:

- финансирование инфраструктуры за счет государственных инвестиций,
- льготы по налогообложению,
- льготы по таможенным сборам,
- снижение административных барьеров.

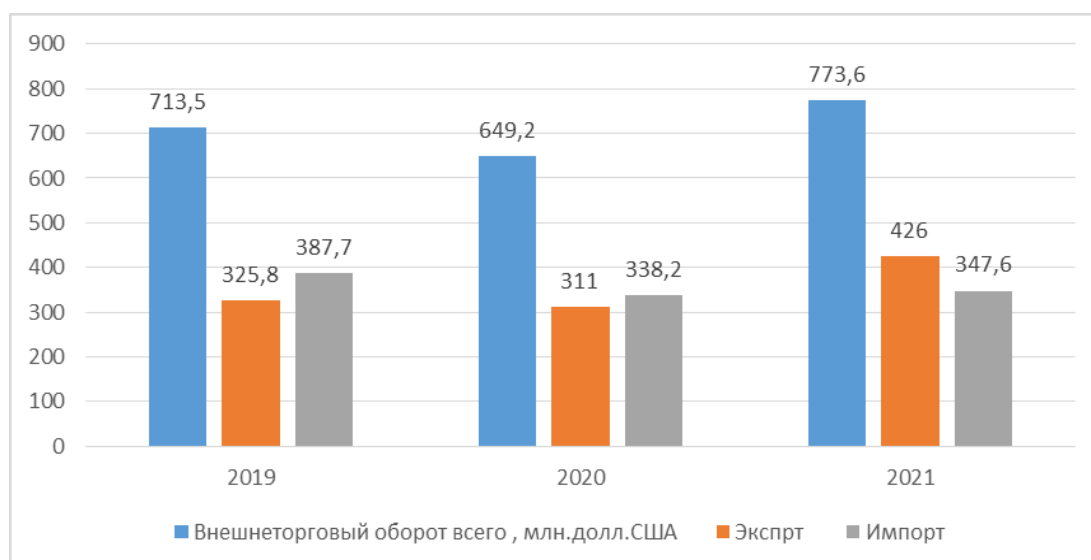


Рис. 1. Внешняя торговля Томской области [2]

Со стороны инвесторов, можно сказать, что сочетание этих факторов делает особые экономические зоны достаточно привлекательным для них.

Малые инновационные предприятия основываются чаще всего учеными, инженерами, то есть специалистами, непосредственно связанными со сферой НИОКР.

По мнению многих исследователей, в США, Японии, Германии основные инвестиции направлены в наукоёмкие отрасли, в которых темп высокотехнологического производства опережает традиционные, экстенсивно развивающиеся сферы, не способные использовать интеллектуальный капитал [4].

Необходимо отметить, что в Томской области высокий научный и технический потенциал вузов и наукоёмких предприятий (табл.1). Томск включен в список «умных городов» и на его территории создана особая экономическая зона, а это значит, что за Томской областью закреплены функции промышленно-производственных и технико-внедренческих зон. Первые сконцентрируют крупные промышленные производства, вторые же создаются для развития «сегмента новой экономики».

Табл. 1. Количество предприятий и организаций, связанных с научной деятельностью в г. Томске и Томской области за 2021 год

	Количество предприятий и организаций, ед.	По формам собственности, ед.		
		Государственная и муниципальная	Частная	Смешанная
Профессиональная, научная и техническая деятельность в г. Томске и ТО	2247	94	2244	81
из них: научные исследования и разработки	466	31	352	72

Эти зоны, как правило, расположены недалеко от научно-технических центров, которые помогают продвигать научные инновационные разработки на рынок.

Все это приведет к увеличению конкурентоспособности конечной продукции, вследствие чего произойдет уменьшение импортной зависимости. Однако инвестиции в данный сегмент связаны с риском (табл.2).

Инвестировать могут в основном крупные компании, лидеры рынка, которые имеют собственные средства и высокую прибыль от своей деятельности [5].

Особые экономические зоны создавались преимущественно для производства и переработки товаров и последующей реализации этих товаров, и располагаются они в

наиболее развитых с экономической точки зрения регионах. На таких территориях, как правило, располагается большое количество промышленных предприятий, развита транспортная инфраструктура, территории богаты природными ресурсами и квалифицированной рабочей силой. Учитывая вышеизложенное, для особых экономических зон (ОЭЗ) предлагается определить самые жесткие показатели эффективности их деятельности [6].

Например ОЭЗ «Томск» в 2017 году обеспечила 2045 рабочих мест, при этом объем регионального валового продукта по Томской области составил около 511025 млн. руб. В этот же период выручка резидентов ОЭЗ составила 15516 млн. руб., то есть 3% от валового регионального продукта.

Табл. 2. Долгосрочные и краткосрочные финансовые вложения в научную деятельность за 2022 год по ТО [2]

	Финансовые вложения		в том числе									
	н.п.*	к.п.**	В акции других организаций		В долговые ценные бумаги и депозитные сертификаты		Предоставленные займы		Банковские вклады		Другие финансовые вложения	
			н.п.	к.п.	н.п.	к.п.	н.п.	к.п.	н.п.	к.п.	н.п.	к.п.
Долгосрочные финансовые вложения												
Деятельность профессиональная, научная и техническая	.	3135479	.	3134725	.	.	.	.	.	.	.	.
Краткосрочные финансовые вложения												
Деятельность профессиональная, научная и техническая	7149802	88409	.	.	.	.	1992787	425887	4889265	.	.	.

* накопление на начало отчетного периода,

** поступление на конец отчетного периода.

Инвестиции от государства, которые вложены в развитие и создание инфраструктуры ОЭЗ ТВТ «Томск», на конец 2017 г. составили 14391 млн руб., при этом, на этот же момент времени частные инвестиции составили 13334 млн руб., соответственно 0,92 рубля частных инвестиций приходится на рубль государственных, что является довольно низким показателем. Объем государственных средств затраченных на строительство объектов инфраструктуры, а также объем предоставленных налоговых и таможенных льгот, по состоянию на конец 2017 г., составил 15163 млн руб. на тот же момент государство получило в виде налоговых и таможенных поступлений всего 1931 млн руб., результат является крайне низким для ОЭЗ [7].

Социально-экономические преимущества для региона и страны от создания ОЭЗ должны выражаться, главным образом, в создании условий для развития промышленности, научно-технического потенциала, а также для диверсификации экономики. В связи с этим, оценка влияния деятельности ОЭЗ на регион присутствия и его развитие, а также комплексная оценка функционирования ОЭЗ являются основными показателями для ее эффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Филатова Н.С.* Управление инвестиционными проектами в строительной сфере с учетом экологического фактора / Инвестиции, градостроительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения // Материалы XI Международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Под редакцией Т.Ю. Овсянниковой, И.Р. Салагор. – Томск, 2021. – С. 256-259.
2. *Внешнеэкономическая деятельность* // Федеральная служба государственной статистики по Томской области: [сайт]. – URL: <https://tmsk.gks.ru/folder/32176> (дата обращения: 15.10.2023)
3. *Савосик Д.А.* Функционирование особых экономических зон на территории Российской Федерации: финансово-правовой аспект: дисс. канд. юр. наук: Специальность 12.00.14 - административное право, финансовое право, информационное право / Савосик Д.А. – Саратов, 2011. – 159 с.
4. *Лаврова О. М., Халикова Д. А., Бурангулова Р. Н.* Технопарки, как инструмент инновационного развития науки и производства. Сравнение опыта Германии и России // Вестник Казанского технологического университета. 2012. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnoparki-kak-instrument-innovatsionnogo-razvitiya-nauki-i-proizvodstva-sravnenie-opyta-germanii-i-rossii> (дата обращения: 16.11.2023).
5. *Свободные экономические зоны: учебное пособие.* «Национальная экономика» / Р.И. Зименков. – М.: ЮНИТИДАНА, – 2015. – 223 с.
6. *Федеральный закон «Об особых экономических зонах в Российской Федерации»* от 22.07.2005 N 116-ФЗ (принят ГД ФС РФ 8.07.2005, последняя редакция).
7. *Жуков В.В.* Особые экономические зоны: проблемы и перспективы функционирования в России / ВКР (магистерская диссертация). – Екатеринбург.: Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина, – 2019. – 91 с.

ПРОБЛЕМАТИКА ВЫБОРА СТРАТЕГИИ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПОДРЯДА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

И.В. Смирнов

ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 40,

ВВЕДЕНИЕ

В настоящей статье автор не акцентирует внимание на различии в терминологии между Заказчиком, Инвестором, Спонсором проекта, фокусируя внимание на анализе именно проблематики организации проведения конкурентных мероприятий по выбору генерального подрядчика строительства на соответствующем этапе реализации инвестиционно-строительных проектов, реализуемых без привлечения бюджетных средств. Роль технического заказчика в реализации проекта выводит за рамки настоящей статьи. Автором рассматриваются возможные риски для Заказчика как на этапе выбора генерального подрядчика, так и этапом ранее, ведущие к увеличению стоимости и сроков реализации инвестиционно-строительных проектов.

Выбор стратегии реализации проекта

Выбор заказчиком верной стратегии организации генерального подряда является важнейшим фактором успешной реализации инвестиционно-строительного проекта, а именно: его реализация в заранее определенный срок и бюджет.

Стратегию реализации инвестиционно-строительного проекта следует определять еще до этапа завершения архитектурно-концептуального проектирования. На рисунке 1 приведена обобщенная схема жизненного цикла строительного проекта.

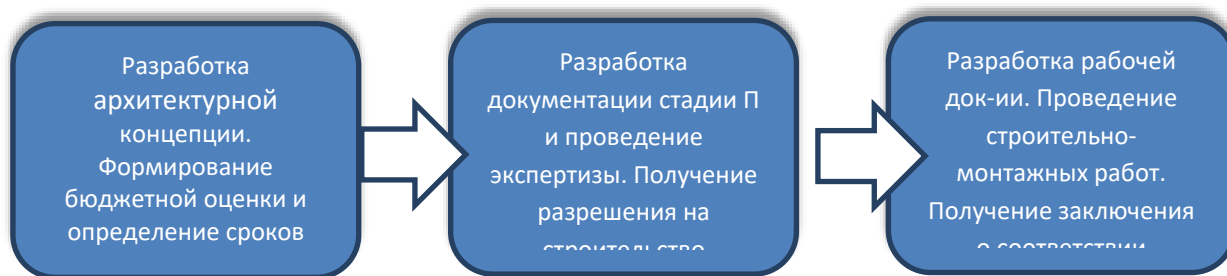


Рис. 1. Укрупненная схема реализации инвестиционно-строительного проекта

Важным этапом реализации строительного проекта является переход от разработки проектной документации к рабочему проектированию. На рынке Российской Федерации существует множество проектных организаций, которые занимаются разработкой документации стадии П. Данные компании выполняют работы по подготовке проектной документации достаточно оперативно, получают положительное заключение экспертизы и покидают проект, отказываясь от рабочего проектирования. При этом, разработка документации стадии Р может вестись сторонней организацией – подробнее данный вопрос освещается далее.

К сожалению, на данном этапе разработки проектной документации с учетом требований Постановления Правительства Российской Федерации № 87 [1] к степени детализации проекта, при весьма посредственном использовании BIM инструментов проектирования, проект выходит с низкой степенью координации смежных разделов. Это приводит к значительному объему незапланированных работ, как на этапе рабочего проектирования, так и в процессе выполнения строительно-монтажных работ. При этом, в случае выявления на этапе рабочего проектирования существенных недостатков, при попытке заказчика обратиться за разъяснением к разработчику проектной документации, последний зачастую перекладывает ответственность на проектную организацию,

ответственную за выпуск рабочей документации, мотивируя свою позицию тем, что экспертиза проектной документации была успешно пройдена, а, значит, по мнению компании, претензий быть не может. В результате заказчик вынужден оплачивать дополнительные незапланированные работы по проектированию и строительные работы по демонтажу. С точки зрения действующего законодательства, формально компания выполняет стадию П в необходимом и достаточном объеме. Важно отметить, что не так давно в действующее законодательство было внесено изменение и отныне организации, уполномоченные проводить экспертизу проектной документации, начали требовать BIM модели. [2] Пока это требование относится к проектам, финансируемых за счет бюджетных средств. Подробнее о способе контрактования генерального подрядчика, позволяющий минимизировать обозначенные риски заказчика, возникающие ввиду низкого уровня качества проектной документации, изложено ниже.

Стоит также остановиться на не противоречащей действующему законодательству возможности начала строительных работ до получения разрешения на строительство - документу, наделяющего заказчика правом на законных основаниях начать строительство объекта. Ранее, до 2014 года, была, образно выражаясь, «возможность», не нарушая действующее законодательство, начинать выполнение свайного основания, назвав все элементы свайного поля испытываемыми сваями, когда под видом испытаний грунтов сваями в действительности начиналось массовое погружение свай. К сожалению, при таком подходе, когда в экспертизе выявлялись существенные нарушения при определении несущей способности свай по грунту, определенной в том числе по результатам натурных испытаний, но, например, неверно интерпретированных, требовалась корректировка длины/количества свай, расстояния между ними ввиду неучета переуплотнения грунта и иным причинам, однако, к моменту получения соответствующего замечания экспертизы заказчик силами привлеченного подрядчика выполнил значительную часть, а бывало и вовсе в полном объеме свайное поле. Проект останавливается, вырабатывается проектное решение по усилению основания, Заказчик несет дополнительные финансовые и временные издержки. При этом, ответственности генеральный подрядчик в данном случае при любой форме контрактации не несет никакой, просто потому что выполнял работы по проекту заказчика, заведомо утвержденному в производство работ.

Типовые контракты генерального подряда FIDIC

Облегчению ведения как международной так и внутренней инвестиционно-строительной деятельности способствует применение разработанных универсальных наднациональных типовых контрактов, наиболее известными из которых являются типовые контракты FIDIC - Международной федерации инженеров-консультантов [3], представляющие собой набор «типовых условий контрактов для использования с целью регулирования взаимодействия участников инвестиционно-строительных процессов во всех странах мира». В российской научной печати справедливо замечено, что «выбор базы типовых договоров FIDIC в качестве некоего эталона не случаен, поскольку именно эта международная неправительственная организация на протяжении уже почти ста лет занимается анализом и обобщением актуального опыта нормативного регулирования договорных отношений в сфере инвестиционно-строительной деятельности и публикует результаты этих обобщений в виде типовых договоров - контрактных проформ» [4]. Тем не менее, существующие по сей день значительные коллизии между Российским законодательством и проформами FIDIC не позволяют в полной мере использовать данный универсальный механизм контрактования генерального подрядчика. Также важно отметить, что стандарты FIDIC в принципе не могут охватить такие ситуации, как разработанная документация низкого уровня координации смежных дисциплин или номинирование заказчиком субподрядчика, проектировщика или консультанта на определенный вид работ.

Ниже, на рисунке 2 приведен перечень типовых проформ – шаблонов контрактов FIDIC.

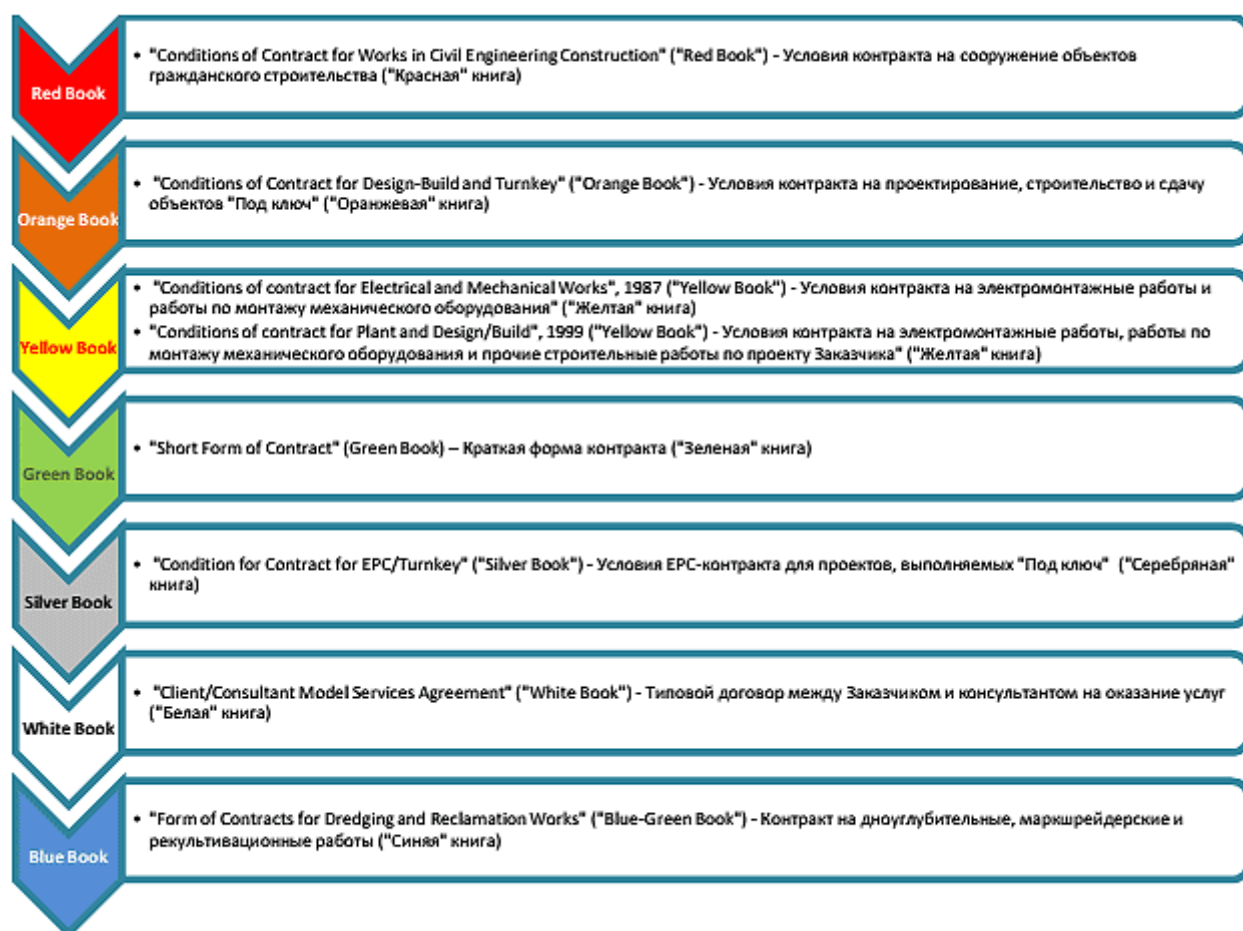


Рис. 2. Типовые контракты FIDIC

Выбор стратегии контрактования генерального подрядчика

При контрактании генерального подрядчика безусловно важно понимать, как распределяются риски заказчика и генерального подрядчика. Очевидно, чем больше обязанностей и ответственности берет на себя сторона договора, тем больше она несет рисков. Важно отметить, что в случае выполнения рабочего проектирования по отдельному контракту с заказчиком, вне договора генерального подрядчика, риски, связанные с проектными работами и их результатами целиком и полностью ложатся на заказчика.

В принципе равномерное распределение рисков означает буквально следующее:

- Каждая из сторон договора отвечает за те обязательства, которые указаны для нее в договоре.
- Каждая из сторон договора имеет право на получение возмещения причиненного ущерба, в том числе компенсации упущенной выгоды, в случае если другой участник проекта нарушил взятые на себя обязательства;
- Каждая из сторон договора имеет право на получение возмещения в случае наступления событий или обстоятельств, несущих негативные последствия, которые невозможно было заблаговременно учесть.

Контрактом также должна быть предусмотрена возможность и механизм изменения цены в связи с изменениями в законодательстве, валютными и инфляционными рисками.

График выполнения строительно-монтажных работ всегда является неотъемлемой частью договора генерального подряда и за нарушение договорного срока выполнения строительных работ генеральный подрядчик обязан выплатить Заказчику заранее определенную сумму штрафа. При этом уплата штрафа не освобождает генерального подрядчика от обязательства завершить строительно-монтажные работы в заранее определенном объеме, предусмотренном договором. По завершении строительно-

монтажных работ начинается исчисление гарантийного срока на строительно-монтажные работы – период, установленный для обнаружения недостатков на объекте строительства в соответствии с договором.

Очевидно, что чем больше рисков берет на себя генеральный подрядчик, тем выше цена договора. В то же время многие заказчики хотели бы иметь твердую цену договора, которая гарантировала бы выполнение строительно-монтажных работ генеральным подрядчиком в полном объеме не подвергалась бы изменениям в сторону увеличения

в случае возникновения непредвиденных обстоятельств. Заказчики на стадии FEED (ТЭО) проводят финансовые расчеты, учитывающие затраты на строительство и доход будущего времени от операционной деятельности предприятия, который будет получен в период последующей эксплуатации. Чтобы расчеты гарантировали своевременное извлечение прибыли, основа для таких расчетов должна быть как можно более твердой - неизменная цена договора. Однако, очевидно, что если стоимость строительно-монтажных работ или время их проведения окажутся выше запланированного, то проведенные ранее финансовые расчеты теряют свой смысл, становясь неактуальными.

Таким образом необходимо заранее выявить здравый баланс рисков, который не позволить всё бремя ответственности за реализацию проекта переложить на заказчика или, напротив, на генерального подрядчика, который вместо своих прямых обязательств будет заниматься исключительно претензионной деятельностью.

Важно также понимать, с чем заказчик подходит к началу проведения тендера по выбору генерального подрядчика строительства:

- **С какой документацией** и с каким ее качеством разработки: это может быть либо стадия П, выполненная в соответствии с Постановлением Правительства РФ №87, может быть доработанная документация стадии П, именуемая тендерной, а может заказчик подойти и сразу с готовым рабочим проектом.
- **С какой командой:** может быть как небольшая структура заказчика с одним-двумя специалистами на каждый вид работ/дисциплин, так и полноценная генподрядная структура.
- **С каким пониманием конечного результата:** готов заказчик в процессе строительства вносить существенные изменения в документацию или нет.
- **С каким набором подрядных и проектных организаций** или без наличия такового.
- **С каким бюджетом и какими временными рамками.**

Договор генерального подряда может быть заключен заказчиком несколькими наиболее распространенными способами:

- Генеральный подрядчик отвечает исключительно за строительство и монтаж инженерно-технологического оборудования. При этом рабочее проектирование ведется независимой организацией по отдельному договору с заказчиком. В договоре генерального подряда как правило фиксируются единичные расценки на каждый вид работ, без указания общих объемов работ/материалов и их стоимости. Объемы, при этом, определяются уже в процессе рабочего проектирования. Типичная и наиболее распространенная схема реализации инвестиционно-строительного проекта. Однако, для заказчика риск представляет возможная заинтересованность генподрядчика завысить объемы в рабочей документации с целью извлечения дополнительной выгоды. Для того, чтобы контролировать корректность объемов работ и материалов в рабочей документации, заказчику необходимо формировать большой штат сотрудников для контроля, учитывая, при этом, что контроль, точнее, проверка документации, должен быть своевременным, поскольку любая задержка выпуска рабочей документации при параллельном проектировании и строительстве, а большинство объектов именно так и реализуются по экономическим и иным соображениям, ведет к неминуемым финансовым, временным и репутационным потерям заказчика. Нельзя также не отметить весьма распространенную практику,

когда генеральный подрядчик, стараясь скрыть отставание в производстве строительных работ, начинает обвинять проектировщика, ответственного за выпуск рабочей документации в низком качестве документации, саботируя тем самым процесс строительства, стараясь выгадать себе дополнительное время на устранение отставания от директивного графика, избегая при этом соответствующей претензии от заказчика. Учитывая, что договоры на проектирование и строительство заключаются заказчиком с независимыми организациями, то заложником данной ситуации становится, очевидно, заказчик, вынужденный раз за разом разбираться в обоснованности предъявляемых генеральным подрядчиком претензий к качеству проекта, что, несомненно, ведет как минимум к временным потерям заказчика при реализации проекта.

Данный способ контрактования подходит при наличии достаточных финансовых и временных возможностях заказчика, при любом уровне координации проектной документации, при желании или необходимости вносить изменения в рабочий проект заказчиком, осознания при этом возникающие релевантные негативные финансовые и временные риски, при наличии большой команды (штата) специалистов. С точки зрения международных типовых контрактов наиболее подходящей является проформа FIDIC «Красная книга».

- Генеральный подрядчик выполняет строительно-монтажные работы и осуществляет рабочее проектирование. Зачастую, данная схема контрактования означает договор с твердой ценой. При договоре с твердой ценой генеральный подрядчик обязуется выполнить строительно-монтажные работы и, как правило, рабочий проект в установленный срок и с надлежащим качеством. Для того, чтобы при такой схеме контрактования участники тендера дали действительно справедливые цены, требуется доработка проектной документации и материалов, наличие качественной BIM модели и разработанной детальной ведомости стоимости – поэлементная спецификация здания, включающая работы, материалы, оборудование. Данная схема является наиболее комфортной для заказчика, твердо осознающего все предъявляемые к объекту будущего строительства требования. Ввиду уменьшения числа контрактов, для заказчика данная схема также означает минимизацию риска претензий, увеличения скорости реализации проекта, в то же время заказчик имеет ограниченное влияние на процесс реализации проекта по такой схеме. Данный способ контрактования подходит при ограниченных временных возможностях заказчика, при высоком уровне координации проектной документации, при отсутствии необходимости вносить изменения в рабочий проект заказчиком, при наличии небольшой команды (штата) специалистов. Как правило, такая схема есть ни что иное, как адаптированная Оранжевая книга (проформа) FIDIC под нормы Гражданского права Российской Федерации.
- На каждый вид работ нанимается отдельный подрядчик. Так называемый хозяйственный способ организации строительства — форма организации строительно-монтажных работ, при которой работы выполняются заказчиком самостоятельно, без привлечения генподрядных организаций. Строительство хозяйственным способом на первый взгляд является самым недорогим вариантом достижения поставленных целей проекта. При этом заказчик нанимает субподрядные организации на выполнение как проектных, так и отдельных строительных и монтажных работ, принимая тем самым на себя все риски. Заказчик, при этом, де-факто превращается в генерального подрядчика. Данный способ организации строительно-монтажных работ на проекте требует большой команды сотрудников службы заказчика. Как правило, ни единичные расценки, ни объемы заведомо не определены. В данном случае расценки определяются в ходе маркетинговых исследований рынка, а объемы - в ходе рабочего проектирования. Очевидно, что возникает целое поле для манипуляции как со стороны подрядных организаций, так и

со стороны отдельных сотрудников службы заказчика. Зачастую, подобные проекты реализуются со значительным увеличением бюджета и срока строительства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важно понимать, что заказчик всегда является заложником одного из двух ключевых критериев успешной реализации проекта – стоимости и времени. Также очевидно, что для Заказчика меньшие риски несёт в себе вариант контракта генерального подряда с твердой ценой, когда до заключения договора генерального подряда разрабатывается детальная ведомость работ, включающая все элементы здания и требуемые строительные-монтажные работы. Почему же заказчики далеко не всегда идут по, казалось бы, оптимальному пути контрактования? К сожалению, не всегда качество документации стадии П, качество BIM модели позволяет заведомо оценить объёмы и стоимость работ. Бывают ситуации, когда генеральный подрядчик номинируется заказчиком без проведения тендера. Немаловажным фактором выделения блока проектных работ в отдельный договор является также понимание заказчика возможного внесения ряда значительных изменений в рабочий проект по определенным причинам. Сделать это до начала строительства Заказчик также по определенным причинам не может.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 N 87 (ред. от 15.09.2023) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».
2. Проблемы экономики и управления строительством в условиях экологически ориентированного развития. Материалы X Международной научно-практической онлайн- конференции Иркутск, Братск, Томск 26–27 апреля 2023 года. УДК 69.003 И.В. Смирнов, И.П. Нужина «Риски инвестора в процессе реализации строительных проектов».
3. <https://fidic.org/> «FIDIC, the International Federation of Consulting Engineers, is the global representative body for national associations of consulting engineers and represents».
4. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Экономика и право. №7 2023. DOI 10.37882/2223-2974.2023.07.31 И.В. Смирнов «Особенности использования типовых контрактов FIDIC».
5. Постановление Пленума Верховного Суда РФ от 25.12.2018 № 49 «О некоторых вопросах применения общих положений Гражданского кодекса Российской Федерации о заключении и толковании договора» [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_314779/c3d7643066a5a54ba015b95f5eed8744882707e1/

ИНТЕГРАЦИЯ ЦЕПОЧКИ ПОСТАВОК И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ХАБОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

Фарид Асайеш¹, А.Б. Семенов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹Farid.Asayesh@yahoo.com

²SemenovAB@mgsu.ru

Аннотация

Исследуется вопрос интеграции цепочки поставок и моделирования расположения хабов в контексте строительной индустрии. Рассматривается проблема недостаточной интеграции логистических процессов в строительной отрасли и указано на отсутствие адекватных математических моделей для оптимизации расположения хабов по критерию минимального расстояния поставки строительной продукции. Показана возможность решения задачи оптимизации с привлечением математической модели центрального хаба с переменным расстоянием обслуживания и функцией сокращения расстояния обслуживания, учитывающей параметры времени транспортировки и расстояния между отдельными узлами логистической цепочки.

ВВЕДЕНИЕ

Современная строительная индустрия является важным сектором экономики, который влияет на градостроительство, использование строительных материалов и технологий, организацию стройплощадок и логистику поставок. Типовой способ реализации доставки продукции от изготовителя к потребителю – организация хабов-накопителей. Построение сети таких хабов позволяет значительно снизить издержки и уменьшить время доставки продукции на стройплощадки. Система хабов представляет собой сложную техническую систему, эффективное управление и оптимизация которой, в т.ч. в части выбора расположения хабов относится к одной из ключевых задач в сфере строительства [1].

Анализ состояния дел в строительной логистике показывает, что степень интеграции логистических процессов в отрасли недостаточна. Немногим могут помочь результаты из смежных областей, сводка которых приведена в Табл. 1. Для них также не характерна оптимизация расположения хабов. Это приводит к задержкам в поставках, увеличивает логистические издержки и сопровождается снижением эффективности реализации строительных процессов. Поэтому оптимизация структуры хабов строительной продукции представляет собой актуальную задачу, решение которой потенциально сопровождается значимым результирующим эффектом [2].

Цель работы – создание математической модели, позволяющей выполнять оптимизацию системы поставок строительной индустрии через интеграцию двух ключевых параметров логистической системы: построения цепочки поставок и выбора места расположения хабов [3]. Решение соответствующей задачи позволит улучшить организацию логистических процессов в строительстве, сократить временные и финансовые издержки, а также повысить эффективность отрасли в целом [4, 5].

Табл. 1. Известные примеры применения моделирования расположения хабов в различных отраслях промышленности

Метод	Решаемая задача	Приложения	Источник
Алгоритм дифференциальной эволюции	Минимизация времени транспортировки	Международные и основные аэропорты в авиационной сети Ирана	[6]
Модели ДО и стратегии обучения	Наращивание эффективности	Система слежения	[7]
Моделирование и симуляция	Увеличение экономической конкурентоспособности ветроэнергетики	Возобновляемые виды топлива	[8]
Генетические алгоритмы и алгоритмы К-средних	Оптимизация процессов использования памяти	Память компьютера (RAM)	[9]
Частная микросетка (MG) и алгоритм К-средних	Кластеризация данных	Возобновляемые генерирующие установки (фотоэлектрические системы)	[10]
Надежные стохастические модели	Максимизация прибыли выбором точек расположения концентраторов	Минимаксная стохастическая модель	[11]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования является организация цепочки поставок и оптимизация расположения хабов, применяемых в процессе построения логистической системы строительной индустрии.

Поставленная задача решается через создание математической модели, в основу которой положено описание концепция цепочки поставок и применение которой позволяет осуществлять анализ структуры хабов как сложной технической системы с точки зрения расположения отдельных ее узлов. Процесс создания модели и последующей работы с ней выполнялся по классической схеме и включал в себя следующие этапы

а) Сбор данных касательно текущей структуре логистической системы и характеристиках цепочки поставок в строительной индустрии. Эти данные включают информацию о поставщиках, перевозчиках, складах, их расположении, времени доставки и расстояниях между ними.

б) Математическая формализация создаваемой модели, что позволяет учитывать временные и пространственные переменные. Модель включает в себя целевую функцию, наличие которой дает возможность выполнить оптимизацию расположения хабов с привлечением для этого интегральных критериев минимизации времени и расходов в цепочке поставок.

в) Решение уравнения математической модели с привлечением методов оптимизации, основанных на линейном программировании и использовании генетических алгоритмов. Цель выполняемой работы – определение оптимального расположения хабов и выбираемых маршрутов в цепочке поставок.

1. Проведение вычислительных экспериментов:

Для проверки эффективности разработанной математической модели были проведены серии вычислительных экспериментов на реальных данных из строительной индустрии. Эксперименты включали в себя сравнение текущей организации цепочки поставок с результатами, полученными с применением разработанной модели.

2. Анализ результатов:

Результаты экспериментов были подвергнуты анализу для оценки эффективности и практической применимости разработанной модели. Были выделены преимущества и недостатки модели, а также обсуждены возможные области ее доработки и улучшения.

Таким образом, в данном исследовании были использованы методы математического моделирования и оптимизации для разработки модели организации цепочки поставок и оптимизации расположения хабов в строительной индустрии. Это позволило детально изучить проблему и предложить решение, которое полезным для улучшения логистики и эффективности в строительстве.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ результатов исследования по оптимизации цепочки поставок и расположению хабов в строительной индустрии позволил сформулировать следующие ключевые заключения:

- 1. Оптимизация цепочки поставок:** Применение математической модели для оптимизации цепочки поставок в строительной индустрии позволяет существенно снизить временные и финансовые затраты. Результаты экспериментов показали, что оптимизированная цепочка поставок способствует более эффективной доставке материалов и компонентов на стройплощадки. Количество логистических маршрутов, как следует из сравнения Рис.1 и Рис.2, снижается примерно на два порядка.

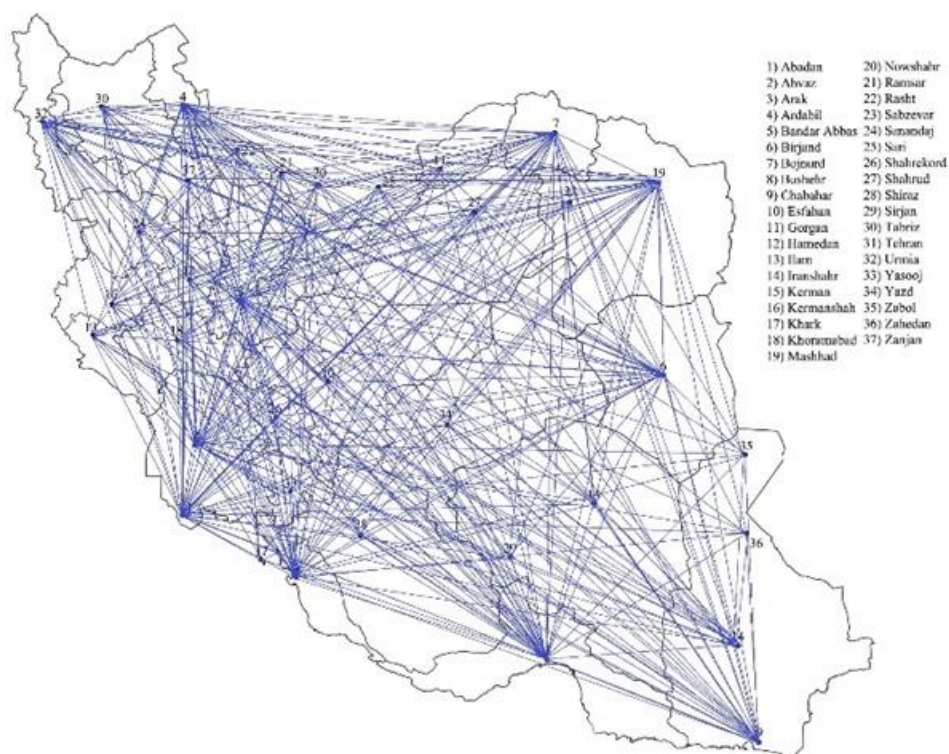


Рис. 1. Схема логистических маршрутов в случае прямых поставок без применения хабов

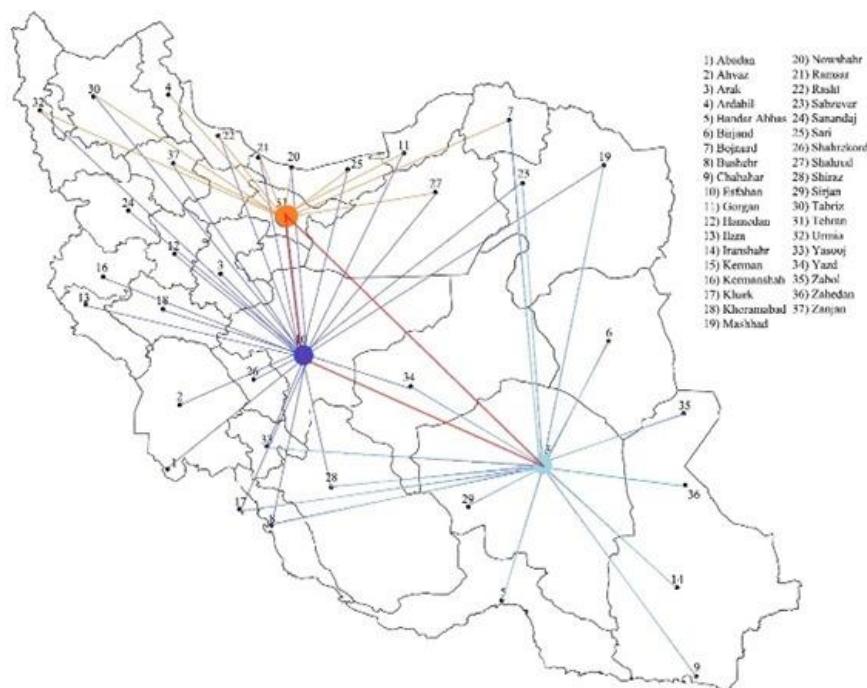


Рис. 2. Схема логистических маршрутов в случае применения хабов строительных материалов и оптимизации точек их расположения

2. **Расположение хабов:** Определение оптимального расположения хабов важно для минимизации времени доставки и общих расходов на логистику. Модель позволила выявить наилучшие мета для размещения хабов по критерию минимизации протяженности маршрутов поставок и времени перевозок. Предлагаемая модель записывается в следующей форме.

$$\text{Min } z \geq \sum_{k=1}^N c_{ik} X_{ik} + \alpha c_{km} X_{km} + c_{mj} X_{mj}, i, j, m = 1, \dots, N$$

S.t.

$$\sum_{k=1}^N X_{ik} = 1, i = 1, \dots, N$$

$$X_{ik} \leq X_{kk}, i, k = 1, \dots, N$$

$$\sum_{k=1}^N X_{kk} = p, i = 1, \dots, N$$

$$X_{ik} \in \{0, 1\}, i, k = 1, \dots, N$$

При записи модели приняты следующие обозначения

- Z Целевая функция
- N Набор Точков
- p Общее количество хаб-точек в сети
- i Начальная точка или отправитель
- j конечная точка или получатель
- C_{ik} Расстояние или стоимость от точки i до хаба k
- C_{km} Расстояние или стоимость от хаба k до хаба m
- C_{mj} Расстояние или стоимость от хаба m до точки j
- α Коэффициент снижения удельной стоимости или расстояния потока между хабами $0 < \alpha < 1$
- X_{ik} Переменная ноль и единица присваивают точку i хабу k .

3. **Эффективность моделирования:** Разработанная математическая модель позволяет выполнить оптимизацию цепочки поставок в строительной индустрии. Она демонстрирует применимость методов оптимизации в решении практических задач. Если мы рассмотрим процентное сокращение дополнительных поездок. В рассматриваемой нами задаче с 37 точками (отправителями и получателями продуктов), этот показатель показывает улучшение системы на 94%. Это означает сокращение дополнительных затрат на 94% (Табл. 2).

Табл. 2. Численные результаты рисунков 1 и 2.

N	Число проблемных точек	37
L	Общее количество путей для соединения всех точек друг с другом в сети	$\frac{N \times (N - 1)}{2} = 666$
$\sum_N X_{ij}$	Общее количество сетевых путей с 3 хабами	37
Процентное сокращение количества маршрутов		94.39 %

4. **Сравнительный анализ:** Сравнение текущей организации цепочки поставок с результатами, полученными с использованием разработанной модели, показало значительное улучшение эффективности за счет сокращения количества маршрутов практически на два порядка.

ВЫВОДЫ

1. Оптимизация цепочки поставок является ключевым фактором для снижения временных и финансовых затрат в строительной индустрии.

2. Разработанная математическая модель оказалась эффективным инструментом для оптимизации цепочки поставок в строительной индустрии. Ее применение способствует улучшению эффективности и снижению расходов на 94% (при 37 точках и 3 хабах).

3. Для возможности использования предложенной модели в строительной отрасли необходимо внести изменения в известную модель расположения хаба. Предложение авторов заключается в добавлении стандартного и недетерминированного расстояния для учета распределения точек до хаба.

ЛИТЕРАТУРА

1. Christopher M. Logistics and Supply Chain Management: Logistics & Supply Chain Management. – Pearson UK, 2016.
2. Chopra S., Meindl P. Supply chain management. Strategy, planning & operation. – Gabler, 2007. – С. 265-275.
3. Джавадова Ю. В., Макаров Е. И. Модель оптимизации логистических бизнес-процессов в кластере строительной индустрии на основе субконтракции //Актуальные проблемы современной науки. – 2013. – №. 5. – С. 24-30.
4. Симчи-Леви Д. и др. Проектирование и управление цепочкой поставок. – 2000.
5. Ellram L. M., Tate W. L., Billington C. Understanding and managing the services supply chain //Journal of supply chain management. – 2004. – Т. 40. – №. 3. – С. 17-32.
6. Mirabi M., Ghiyasvand-Mohammadkhani H., Tavakkoli-Moghaddam R. Mathematical modeling and solving a hub location-allocation problem in Iranian airports //Quarterly Journal of Transportation Engineering. – 2019.
7. Livingston H., Bodini N., Lundquist J. K. Approaches for predicting wind turbine hub-height turbulence metrics //Wind Energy Science Discussions. – 2021. – Т. 2021. – С. 1-30.
8. Thommessen C. et al. Techno-economic system analysis of an offshore energy hub with an outlook on electrofuel applications //Smart Energy. – 2021. – Т. 3. – С. 100027.
9. Ghaffarinasab N., Kara B. Y. A conditional β -mean approach to risk-averse stochastic multiple allocation hub location problems //Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. – 2022. – Т. 158. – С. 102602.
10. Kermani M. et al. Optimal self-scheduling of a real energy hub considering local DG units and demand response under uncertainties //IEEE Transactions on Industry Applications. – 2021. – Т. 57. – №. 4. – С. 3396-3405.
11. Taherkhani G., Alumur S. A., Hosseini M. Robust stochastic models for profit-maximizing hub location problems //Transportation science. – 2021. – Т. 55. – №. 6. – С. 1322-1350.

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ОТНОШЕНИЙ УЧАСТНИКОВ КОМПЛЕКСНОГО ИНЖИНИРИНГА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Р.Р. Козаков

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»,
191023, г. Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32,
kozakov-2001@list.ru*

Аннотация

Превалирующая роль количественных параметров транзакционных издержек над качественными, как бы вытекающая в качестве тезиса из ряда тематических исследований, создает определенные барьеры развития теории контрактных отношений. Прежде чем производить попытки количественного расчета рекомендуется сначала развить теорию качественных характеристик транзакционных издержек, только после чего и создается фундаментальная база для их расчета. В настоящем исследовании была предпринята попытка развития теории транзакционных издержек – определить детерминанты роста транзакционных издержек, которые характерны для комплексного инжиниринга в отечественном строительстве. Определив структуру транзакционных издержек, автор продемонстрировал, какие ее элементы могут быть изменены под воздействием типизации среды транзакций. Определены и потенциальные направления развития научной проблематики. Выдвинуты теоретические и практические рекомендации по выстраиванию методики оценки транзакционных издержек участников инвестиционно-строительного цикла. Предмет исследования – управленческие отношения, возникающие при реализации комплексных инжиниринговых проектов в РФ в условиях типизации среды транзакций. Цель исследования – разработка концепции методического инструментария, основанного на идее о типизации среды транзакций, позволяющего снизить уровень административных барьеров участников комплексного инжиниринга в строительстве РФ.

ВВЕДЕНИЕ

Институциональная среда отечественного строительства непрерывно претерпевает гетерогенные изменения, направленные главным образом на снижение административных барьеров. Однако результативность принимаемых административных гильотин ограничена по причине наличия различных коллизий и дублирующих функций формальных институтов, регулирующих инвестиционно-строительную деятельность в РФ. Легитимным ответом рынка на административное давление, в частности, стала интенсификация инжиниринга в строительстве. Инжиниринг позволяет сократить транзакционные издержки за счет детерминации среды транзакций, которая обеспечивается в случае наличия необходимых неформальных институтов и ресурсов для выстраивания эффективной системы коммуникаций с контрагентами. Комплексный инжиниринг позволяет усилить эффект от детерминации среды транзакций, поскольку охватывает практически весь жизненный цикл инвестиционно-строительного цикла. При этом в существующих исследованиях уже отмечалось, что институциональная среда в РФ не позволяет обеспечить реализацию потенциала комплексного инжиниринга из-за тех же административных барьеров [4,5].

Нелегитимным ответом рынка на административные барьеры стала интенсификация «погони за рентой» организациями, извлекающими сверхнормальную прибыль в отечественном строительстве. Выявлено несколько основных направлений проявления «погони за рентой», результаты освещались в предыдущих исследованиях автора, в которых констатировалась высокая административная нагрузка на отечественные строительные организации [2]. Однако при анализе транзакционных издержек стоит уделить должное внимание их структуре, а не ограничиваться количественному измерению.

Одним из инструментов снижения административных барьеров и сокращения транзакционных издержек является институт типовых контрактов в строительстве, которому было посвящено исследование автора [2]. Предполагается, что типизация среды транзакций может стать актуальна и для института комплексного инжиниринга в РФ.

Научная гипотеза – типизация среды транзакций участников комплексного инжиниринга преобразует структуру их транзакционных издержек. Детерминантами роста транзакционных издержек в большей мере станут факторы, способствующие оптимальному исполнению обязательств по проекту, а в меньшей мере те, что обеспечивающие лишь формальное соответствие институциональным требованиям.

Автор исследования хотел бы подчеркнуть, что о принципе минимизации транзакционных издержек речь не идет. Автор согласен с некоторыми результатами исследования Тамбовцева В. Л., который доказал недопустимость изолированного ориентирования на принцип минимизации транзакционных издержек, которое присутствует в отечественной и зарубежной литературе [3]. Действительно, автор хотел бы сделать акцент на структуре транзакционных издержек, что позволит выделить те элементы их структуры, которые создаются за счет административных барьеров. Это позволит обосновать необходимость конкретных изменений системы отношений участников комплексного инжиниринга в строительстве. В результате чего создается новый признак системы отношений – уменьшенный уровень административных барьеров, что обосновывает использование термина «развитие» в названии исследования.

Научная значимость исследования заключается в развитии теоретических подходов к качественной оценке транзакционных издержек, возникающих у участников инвестиционно-строительного цикла РФ.

Практическая значимость исследования обосновывается возможностью интеграции показателя «транзакционные издержки» в систему оценки эффективности деятельности организаций как на микроуровне, так и на мезоуровне или макроуровне. Для регулятора транзакционные издержки могут стать мерилем эффективности и производительности принимаемых и реализуемых формальных институтов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Последовательность решения научных задач, обеспечивающая достижение заявленной цели исследования:

1. На основе статистического и институционального анализа инвестиционно-строительного цикла РФ определить детерминанты административных барьеров его участников.

2. Создать концепцию принципов построения методики оценки транзакционных издержек участников инвестиционно-строительного цикла, основываясь, в том числе, на результатах критического анализа существующих.

3. Обосновать направления трансформации структуры транзакционных издержек участников инвестиционно-строительного цикла РФ.

Объект исследования – механизм реализации комплексного инжиниринга в строительстве.

Теории и методы исследования, по мнению автора, следует представить за счет иллюстрации (рисунок 1).



Рис. 1. Теории и методы настоящего исследования

Выборка из исследований, представленных в качестве трудов упомянутых научных школ, включала в себя те работы, что посвящены: теории транзакционных издержек, развитию системы контрактных отношений в строительстве, формированию методического инструментария для реализации института инжиниринга в РФ. Выделение конкретных научных школ объясняется либо наличием действующих диссертационных советов по тематике исследования, либо сформированным коллективом авторов, посвятивших свои работы упомянутым на рисунке 1 теориям и вытекающим из них направлениям.

Выбор упомянутых теорий обоснован результатами интерпретации анализа статистических и институциональных характеристик инвестиционно-строительного цикла РФ.

Научные направления и подходы последних лет развивают синергетический подход к анализу социально-экономических систем, надлежащим дополнением которого является институциональная теория.

Сформированный набор теорий и методов исследований позволяет всесторонне рассмотреть институт комплексного инжиниринга в строительстве РФ, а также дополнить существующие научные работы по указанной тематике.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Структура детерминант административных барьеров, характерных для отечественного строительного инжиниринга, выглядит следующим образом:

1. Пробелы и коллизии формальных институтов. Кузнецов Б. О. отмечал, что комплексный инжиниринг, как правило, реализуется через государственный строительный заказ, при этом в нем запрещены комплексные подрядные работы [4].

2. Отсутствие опыта структурирования контрактов комплексного инжиниринга в отечественном строительстве. Присутствует множество гетерогенных конфликтов, возникающих при реализации подобных проектов, начиная от несогласованности обязательств, заканчивая трудоемкостью закупки и обоснования необходимости использования иностранных ресурсов (отмечалось в исследовании [5]).

3. Несоответствие международным стандартам типовых контрактных отношений. Типовые контракты проникали в систему контрактных отношений РФ преимущественно в рамках государственно-частного партнерства при участии в нем иностранного участника. При участии, например, транснациональных банков в подобных проектах обязательным условием является применение типовых контрактов FIDIC. При этом трактовки FIDIC и отечественного законодательства различаются, что создает риски непредвиденных обстоятельств на различных стадиях инвестиционно-строительного цикла.

4. Административные барьеры участников инжиниринга при их участии в проектах в качестве контрагента. При реализации комплексных инжиниринговых проектах генеральный подрядчик привлекает контрагентов, на которых так же действуют административные барьеры. Чем выше административные барьеры, тем ниже вероятность, что контрагенты заинтересованы в наилучшем исполнении контрактных обязательств. В условиях административного давления снижается рентабельность деятельности, участники, стремясь сдержать или сократить падение доходности, могут прибегать к взаимодействию в рамках теневого сектора или минимизации транзакций. Минимизация транзакций может предполагать, что контрагент не станет обращаться к рыночной контрактации, а сделает выбор в пользу стратегической, например, привлечет конкретную неформально подконтрольную организацию, обеспечивающую наименьшее по стоимости предложение. Взамен этого он мог выбрать на основании тендера или торгов наилучшее предложение по стоимостным и нестоимостным параметрам. То есть, в рамках конкурсных процедур из-за административного давления экономически оправдана недобросовестная конкуренция.

5. Региональная дифференциация систем контрактных отношений.

Существует несколько типов трансакций: физические, финансовые, социальные, юридические, политические [1]. Описанные выше административные барьеры формируют трансакционные издержки в разрезе упомянутых типов трансакций, планируется охарактеризовать данный процесс.

Административные барьеры института комплексного строительного инжиниринга в РФ формируют следующие издержки физических трансакций:

1. Приобретение и (или) аренда и (или) лизинг ресурсов, установленных формальными институтами в качестве показателей обеспеченности участников торгов и тендеров в рамках процедур предквалификационного отбора и постквалификации.

2. Приобретение консультационных услуг, обеспечивающих снижение высокой неопределенности среды трансакций в проектах с иностранным и (или) государственным участием.

Административные барьеры института комплексного строительного инжиниринга в РФ формируют следующие издержки финансовых трансакций:

1. Издержки пролонгации договоров найма рабочей силы, аренды и (или) лизинга ресурсов, которая вызвана изменениями сроков реализации проектов из-за форс-мажорных обстоятельств, несогласованности формальных институтов, отсутствия компетенции представителя государственной структуры.

2. Издержки создания и обслуживания специализированных счетов в кредитно-финансовых организациях.

Административные барьеры института комплексного строительного инжиниринга в РФ формируют следующие издержки социальных трансакций:

1. Издержки выстраивания отношенческих контрактов в рамках теневого взаимодействия.

2. Издержки выстраивания отношенческих контрактов с малыми организациями в целях удовлетворения требований формальных институтов об антимонопольном регулировании.

3. Издержки заключения формальных и неформальных соглашений, связанных с привлечением посредников, которое обусловлено формальными требованиями и не требовалось бы в случае их отсутствия для наилучшего исполнения контрактных обязательств.

4. Издержки снижения информационной асимметрии участников проекта за счет отношенческих контрактов и дополнительных переговоров.

Административные барьеры института комплексного строительного инжиниринга в РФ формируют следующие издержки юридических трансакций:

1. Издержки защиты прав при судебных разбирательствах, возникших из-за коллизий отечественных и зарубежных формальных институтов.

2. Издержки защиты прав при судебных разбирательствах, возникших из-за несогласованности элементов национальной институциональной среды.

3. Издержки создания и регистрации специализированного подрядчика (застройщика). Именно они выполняют функции инжиниринговых организаций в отечественной экономике, однако несогласованность формальных институтов не позволяет выделить данный вид деятельности в рамках правового поля.

Административные барьеры института комплексного строительного инжиниринга в РФ формируют следующие издержки политических трансакций:

1. Издержки лоббирования формальных институтов, направленных на выстраивание эффективной институциональной среды. Например, расширяющих возможности применения международных стандартов контрактных отношений на территории РФ, устраняющих коллизии законодательных требований к участникам комплексного инжиниринга и т.п.

2. Издержки лоббирования формальных институтов, направленных на увеличение сверхнормальной прибыли. Например, пролонгирование льготных ипотечных жилищных

программ, обеспечения привилегированного режима распределения земельных участков под строительство, пересмотр норм и нормативов концентрации ресурсов и т.п.

Приведенные структурные элементы трансакционных издержек могут быть интерпретированы как те, что склонны к стратегической контрактации взамен рыночной. Особенности типов контрактации раскрывались в одной из работ автора [2]. Иными словами, экономическим агентам рационально прибегать к теневому взаимодействию, лоббированию формальных институтов, сокращению качественных характеристик строительной продукции из-за отсутствия резервов снижения себестоимости, формировать круг постоянных контрагентов взамен поиска новых за счет конкурсных процедур и др. Авторская интерпретация, безусловно, может быть гиперболизирована, однако на текущем этапе исследований доказательства иной ситуации в реальном секторе не обнаружено.

Одним из инструментов создания резерва для рыночной контрактации, т.е. постепенного ухода от некоторых факторов стратегической, может стать типизация среды трансакций. Сегодня в РФ постепенно реализуется несколько направлений типизации среды трансакций – типовые проекты индивидуального жилищного строительства, интенсификация создания условий интеграции типовых контрактов FIDIC в отечественные инвестиционно-строительные проекты, типовые проекты государственно-частного партнерства, реестры типовой проектной документации и др. Типизация среды трансакций позволит снизить влияние административных барьеров на инвестиционно-строительные проекты за счет повышения уровня определенности в возможных действиях субъектов государственной структуры. Типизация среды трансакций позволяет снизить соответствующие издержки за счет, во-первых, гомогенных технологий взаимодействия на рынке в определенных конфликтных ситуациях, во-вторых, взаимной заинтересованности сторон в наилучшем исполнении обязательств (если в типовом контракте проработаны соответствующие обязанности), в-третьих, оптимизация временных затрат на разрешение споров за счет привлечения третьей стороны. Если рассматривать концептуальные изменения в управлении инвестиционно-строительными проектами, то стоит добавить, что именно типовые контракты позволят создать поддержку в принятии решений на основе технологий информационного моделирования и нейронных сетей. Обучение нейронных сетей первоначально должно основываться на типовых контрактах, поскольку созданные модели в таком случае будут структурированы и приближены к реальным.

Резюмируя, выдвигается рекомендация использовать следующие принципы построения методики оценки трансакционных издержек в инвестиционно-строительном цикле РФ:

1. Отсутствие общеобязательного условия минимизации трансакционных издержек. Выделение априорного принципа минимизации возможно только при строго ограниченных условиях.

2. Разбивка видов трансакционных издержек на две группы: стратегические и рыночные.

3. Обеспечение системы показателей характеристик, отражающих склонность экономических агентов к каждому виду контрактации – рыночной и стратегической.

4. Связанность результатов историко-логического анализа института взаимодействия государства и предпринимателей и эволюции выбора между стратегической и рыночной контрактацией в российском строительстве.

5. Учет специфики видов строительных работ и инжиниринговых услуг при определении детерминант трансакционных издержек и выделении тех структурных элементов из них, что требуется сократить или увеличить.

6. Учет потребности национальной цивилизации в трансплантации институтов при определении мероприятий по трансформации структуры трансакционных издержек экономических агентов. Это позволит учесть гетерогенные цели различных уровней управления национальной экономикой, которые влияют на структуру трансакционных и трансформационных издержек участников инвестиционно-строительного цикла.

ВЫВОДЫ

В ходе исследования на примере системы отношений участников комплексного инжиниринга в строительстве РФ было показано, что структура транзакционных издержек заслуживает должного внимания при выборе в пользу того или иного контракта. При этом ограничиваться принципом минимизации транзакционных издержек рекомендуется не руководствоваться, поскольку это искажает представление об их природе. Следует сокращать те, что создают дисбалансы в распределении ресурсов в инвестиционно-строительной сфере. При этом существует и транзакционная выгода, когда участники инвестиционно-строительного цикла, стремясь наилучшим образом исполнить контрактные обязательства или сократить риски, увеличивая тем самым транзакционные издержки, создают социально и экономически значимые эффекты – расширение круга контрагентов, снижение рисков неисполнения подрядчиком обязательств (например, в рамках государственного строительного заказа) и т.п. Типизация среды транзакций позволяет обеспечить сокращение силы влияния тех детерминант транзакционных издержек, которые выступают барьерами деловой активности. Ограничением, например, типовых контрактов является обязательное условие гомогенности инвестиционно-строительных процессов, т.е. в случае особых проектов потребуется добавить и традиционные соглашения. Для института комплексного инжиниринга в строительстве это означает, что типизация среды транзакций будет рассматриваться на нескольких уровнях, выделенных по некоторым параметрам, при этом абсолютной детерминации вариантов развития контрактных отношений в рамках подобных проектов не предполагается. Последний тезис выступает логическим продолжением для дальнейших исследований.

Предложенная концепция принципов построения методики оценки транзакционных издержек позволяет учесть множество долгосрочных институциональных проблематик инвестиционно-строительного цикла РФ и постфактум рассмотреть их в динамике. После рассмотрения упомянутой динамики полученное фундаментальное знание может начать постепенное приращение в прикладное, после чего интегрироваться в организационно-экономический механизм государственного регулирования деятельности в строительстве, а также в управленческие модели принятия решений предпринимателями.

В отечественной научной литературе все чаще появляются исследования, раскрывающие теоретические особенности и практические аспекты трансформации институтов, выбора организации в условиях информационной неопределенности и вытекающих из данных тем исследований [6-8]. Если сфокусироваться на экономике строительства, то одним из потенциальных научных направлений или продолжений проблематики текущего исследования, является концепция жизненного цикла – проектов, организаций, предприятий, институтов и т.д. с привязкой к структуре транзакционных издержек. Учитывая экспоненциальное увеличение количества статей по «цифровизации», актуальным будет и учитывать влияние соответствующих технологий на структуру транзакционных издержек. Автор исследования уже предпринимал попытки сжатого описания особенностей структуры транзакционных издержек под воздействием распространения цифровых технологий [9]. Однако планируется дальнейшее тщательное исследование описанных выше потенциальных направлений развития научной проблематики.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гужва Е. Г.* Контракт как институт, поддерживающий транзакции // Экономика и управление: тенденции и перспективы: Материалы III Межвузовской ежегодной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 01–02 марта 2022 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. 2022. С. 88–94.
2. *Коцеев В. А., Козаков Р. Р.* Типизация среды транзакций инвестиционно-строительного цикла в Российской Федерации // Вестник гражданских инженеров. 2023. № 4(99). С. 118–127. DOI 10.23968/1999-5571-2023-20-4-117-127.
3. *Тамбовцев В. Л.* Транзакционные издержки: трактовки и следствия // Экономическая наука современной России. 2023. № 1(100). С. 19–32. DOI 10.33293/1609-1442-2023-1(100)-18-32.

4. *Кузнецов Б. О.* Комплексный инжиниринг в строительстве России как объект нормативного регулирования // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. 2020. № 1. С. 54–61. DOI: 10.34130/2070-4992-2020-1-53-61.
5. *Глебова А. Г., Васильев И. А.* Применение мирового опыта ЕПСМ-контрактов в России // Вестник Забайкальского государственного университета. 2022. № 4. С. 87–95.
6. *Сухарев О. С.* Информация и институциональный выбор в моделях агентских взаимодействий // Журнал экономической теории. 2021. Т. 18. № 1. С. 70–85. DOI 10.31063/2073-6517/2021.18-1.5.
7. *Сухарев О. С.* Трансформация институтов в современной экономике // Экономика. Налоги. Право. 2023. Т. 16. № 4. С. 7–15. DOI 10.26794/1999-849X-2023-16-4-6-16.
8. *Сухарев О. С., Хабибуллин Р. И.* Перспективы развития теории интеллектуальной фирмы // Экономическая наука современной России. 2021. № 2(93). С. 8–25. DOI 10.33293/1609-1442-2021-2(93)-7-26.
9. *Козаков Р. Р.*, Трансакционные издержки на постконтрактной стадии в инвестиционно-строительной сфере РФ // Актуальные проблемы экономики и управления в строительстве : Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции [6–7 апреля 2023 года] / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Санкт-Петербург: СПбГАСУ. 2023. С. 34-39. Режим доступа: <https://www.spbgasu.ru/upload/iblock/df8/fcvbw27ny8ocifim4etsg62861x3696i/Актуальные%20проблемы%20экономики%20и%20управления%20в%20строительстве.%20Сборник.pdf>. Дата обращения: 20.11.2023.

АНАЛИЗ УРОВНЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ СФЕРЫ

К.А. Шестерикова

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4,
krasavaloloman@gmail.com*

Аннотация

В научной статье анализируется процесс цифровой трансформации строительной сферы и организаций, функционирующих в ней. Раскрываются причины цифровой трансформации строительной сферы. Выявляются наиболее популярные цифровые технологии, которыми пользуются строительные организации, и технологии с относительно невысоким уровнем проникновения. Анализируется индекс цифровизации строительной сферы, а также выясняются барьеры, препятствующие цифровой трансформации сферы строительства. Предлагаются цифровые технологии, которые можно внедрить в процесс строительства, и указываются их преимущества.

Ключевые слова: строительная сфера, цифровая трансформация, цифровизация, барьеры цифровой трансформации, индекс цифровизации, цифровые технологии.

На сегодняшний день цифровизация является неотъемлемой частью эволюционного развития экономики и предпринимательства страны. С каждым днём количество организаций, которые уделяют внимание технологиям, только растёт, поскольку благодаря им они могут получить определённого рода преимущества, среди которых можно выделить сокращение расходов, ускорение бизнес-процессов, рост производительности труда, увеличение объемов продаж, а также увеличение доли организации на рынке. Все эти преимущества связаны с конкурентоспособностью, так как все они увеличивают конкурентные позиции организаций на рынке, а это является важной стратегической задачей для любой организации [1]. Отсюда следует, что в современных реалиях внедрение цифровых технологий является одним из ключевых факторов не только для сохранения конкурентоспособности, но и для увеличения эффективности производства организаций всех сфер экономики [2].

Это касается и сферы строительства. Цифровая трансформация строительной сферы в настоящий момент времени находится на стадии активного развития. Она затрагивает все этапы строительства, начиная с проектирования зданий и сооружений, заканчивая управлением этими зданиями и сооружениями [3].

Среди основных причин цифровизации строительной сферы принято считать необходимость повышения эффективности и снижения затрат на строительство, а также повышение требований к качеству и безопасности строительства, так как внедрение цифровых технологий носит следующие преимущества:

- 1) цифровая трансформация строительной сферы позволяет в разы уменьшить сроки выполнения работ;
- 2) цифровизация строительного процесса позволяет значительно уменьшить количество ошибок;
- 3) надзорные органы смогут контролировать процесс и разрешать специалистам вести дальнейшие работы с помощью электронной подписи, тратя на согласование меньше времени;
- 4) снижение рисков за счет точного расчета ресурсов и стоимости проекта, контроля строительства и уменьшения количества непредвиденных затрат;
- 5) значительное уменьшение трудозатрат на внесение изменений в проект и многие другие преимущества [5].

В апреле 2023 года консалтинговой организацией «Strategy Partners» был проведён анализ, где было проведено исследование среди 230 строительных организаций с разным

масштабом деятельности, которые функционируют на территории РФ. Согласно результатам данного анализа среди наиболее популярных цифровых технологий, которые применяются в зависимости от специализации строительных организаций, являются следующие (см. рис. 1) [4]:



Рис. 1 Наиболее популярные цифровые технологии у девелоперских и строительных компаний, % опрошенных в группе

В рамках данного анализа прослеживается, что только треть строительных организаций широко используют те или иные цифровые технологии в компании, остальные или частично используют, или вовсе не применяют их и в большей степени это касается организаций, которые занимаются жилищным строительством. И всё это при условии, что в анализе участвовало только 230 организаций, когда в России насчитывается порядком 2,5 тысяч строительных организаций.

Менее популярными цифровыми технологиями, которые используют строительные организации, являются следующие (см. рис. 2):



Рис. 2 Технологии с относительно невысоким уровнем проникновения, % опрошенных

Анализируя данные графики, можно сделать вывод, что процесс цифровой трансформации строительной сферы идёт крайне малыми темпами. Это подтверждает анализ, проведённый институтом статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) НИУ ВШЭ, в результате которого было выявлено отставание строительной сферы от других сфер по степени использования цифровых технологий [6]. Со степенью цифровизации различных сфер экономики можно ознакомиться на рисунке 3.



Рис. 3 Индекс цифровизации отраслей экономики и социальной сферы по отраслям

Несмотря на попытки профессионального сообщества создавать единые платформы в области строительства и стандартизировать бизнес-процессы, цифровизация строительной сферы происходит крайне медленно и в малых объёмах [7].

Среди основных барьеров цифровизации не только жилищной сферы, но и строительства в целом, можно выделить следующие:

- 1) Порядок взаимодействия участников в цифровой среде на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства законодательно не определен;
- 2) Низкая степень интеграции участников отрасли - различные информационные системы и маркетплейсы не взаимодействуют друг с другом;

3) Отсутствие у госзаказчиков и других участников отрасли необходимой осведомленности по работе с цифровыми данными и документами в информационных системах;

4) Отставание в цифровизации отдельных участников строительной отрасли (поставщики строительных материалов, подрядные организации);

5) Довольно высокий порог вхождения в «цифровизацию»: высокая стоимость приобретения программно-аппаратного обеспечения, огромные риски неуспешного внедрения новых цифровых технологий;

6) Отсутствие отечественного программного обеспечения необходимого качества, поскольку функциональность отечественных программ ниже основных зарубежных аналогов [8].

Все эти барьеры можно объединить в 3 группы:

1) проблемы гармонизации информационных технологий и бизнеса в разных учреждениях;

2) проблемы бюджетных ограничений;

3) наличие огромных рисков.

Для преодоления выше сказанных барьеров и успешного развития цифровизации строительства осуществляется системная поддержка со стороны Президента РФ Путина В.В. и Правительства РФ, которая способствует привлечению в данный вид деятельности дополнительных инвестиций и новых технологий, но даже этого не хватает для увеличения индекса цифровизации строительной сферы.

Ещё одной причиной низкого индекса цифровизации строительства является то, что рынок строительства напрямую зависит от состояния рынка жилищного строительства, а тот в свою очередь является рынком олигополистической конкуренции, что деформирует конкурентную среду рынка жилищного строительства. Для региональных рынков жилищного строительства характерна такая ситуация, что основную долю рынка занимают, как правило, несколько крупных инвестиционно-строительных организаций (девелоперов), которые обладают значительной рыночной властью и фактически определяют типологию жилья и ценовую ситуацию на рынке. Такие организации имеют возможность цифровой трансформации в отличие от более малых строительных организаций, функционирующих на этом рынке, которые, как правило, и подвержены, указанным выше, трём группам барьеров.

Анализируя всё вышесказанное можно сделать вывод, что, чтобы ускорить процесс цифровой трансформации жилищной сферы, необходимо, либо начать цифровизацию более малых организаций, а поскольку такие организации не обладают достаточным уровнем бюджета и цифровыми технологиями, то начинать нужно с чего-то менее дорогого и требовательного, либо с более крупных организаций, по опыту которых более малые организации в дальнейшем также смогут внедрять технологии, избегая ненужных рисков и затрат.

Если исходить из рисков и возможностей организаций, то процесс цифровизации перспективнее начинать с более крупных организаций. Среди технологий, которые будут доступны малым организациям, можно выделить искусственный интеллект и «интернет вещи». Далее о каждом поподробнее.

На сегодняшний день активно развивается искусственный интеллект (ИИ), который можно интегрировать в процесс строительства. Сейчас насчитывается множество различных ИИ, выполняющих различные функции. По сути ИИ — это алгоритмы, которые могут имитировать мышление человека, то есть, например, анализировать данные и принимать решения. Вариантов применения ИИ в строительстве безгранично. Так ИИ может на основе прошлых данных или же на основе данных от датчиков, которые работают в реальном времени, предсказывать угрозы безопасности, состояния строительной площадки, результативность строительного процесса и так далее. Внедрение искусственного интеллекта – процесс не дорогой и довольно-таки лёгкий.

Так по опыту «Северстали», которые запустили алгоритм машинного зрения, можно внедрить ИИ в процесс строительства. С помощью видеокамер и специальных датчиков ИИ сможет следить за строительной площадкой в режиме реального времени и в случае необходимости оповещать АУП. Это поможет:

1) избежать несчастных случаев. ИИ будет следить за соблюдением рабочими условий безопасности на строй площадке; за состоянием площадки, где находятся рабочие (нет ли возгораний, нарушения вентиляции и т.д.);

2) избавиться от задержек строительства. ИИ будет следить за выполнением рабочими своих обязанностей; следить за сроками выполнения тех или иных работ;

3) следить за оборудованием и материалами. ИИ будет следить за тем, чтобы рабочие не выносили за пределы строительной площадки оборудование и материалы; следить за состоянием крупной техники (башенные краны или автокраны – чтобы не было перегрузов; бетономешалки – чтобы избежать не доливания; самосвалы – чтобы колёса были чистые при выезде со стройки и т.д.) и т.д.

Помимо того, чтобы следить за строительной площадкой, ИИ можно интегрировать в проектный менеджмент и в процесс финансового планирования. Алгоритмы искусственного интеллекта могут анализировать сметы любого объема, сопоставлять цены, отслеживать их изменения, производить прогнозы изменения стоимости материалов, следить за соблюдением сроков разных этапов строительства и выявлять странности, за которыми могут скрываться злоупотребления.

Помимо ИИ в процесс строительства можно интегрировать так называемые «интернет вещи». Под интернет вещами (в случае строительства) понимается подключение всех механизмов, машин, стационарных объектов и даже рабочих к единой сети, что позволит отслеживать всё в реальном времени. Это будет хорошим дополнением к ИИ. Данная технология поможет собрать воедино разрозненные данные.

Так по опыту строителей объектов в Сколково, в процесс строительства можно внедрить смарт часы для рабочих. С помощью смарт-часов можно:

1) оценить эффективности труда рабочих;

2) иметь возможность подсчета трудозатрат;

3) иметь возможность измерения пульса и температуры тела и в случае обнаружения критических отклонений иметь возможность передачи сигнала тревоги для быстрого оказания;

4) следить за перемещением рабочих на строительной площадке;

5) с помощью веб-интерфейса прораб сможет в режиме реального времени ставить задачи бригадиру, а тот в свою очередь передавать обратно статус выполнения и т.д.

Также можно автоматизировать строительные машины с помощью специальных датчиков. Например, сейчас контроль за расходом топлива зачастую ведется на бумаге, а количество топлива в баках проверяют специальные люди. Всё это замедляет процесс строительства. Вместо этого данные процессы можно автоматизировать с помощью датчиков времени работы двигателей. С их помощью появится возможность высчитывать фактический и прогнозировать будущий расход топлива у строительных машин, обнаруживать простои и отклонения от графика и все это будет происходить в режиме реального времени и отправляться соответствующим людям.

В случае если процесс цифровой трансформации будет успешно реализован, то не только индекс цифровизации строительной сферы будет повышен, но и будет улучшен строительный процесс, а точнее:

1) Сроки строительства будут сокращены;

2) Количество простоев будет минимизировано;

3) Затраты на строительство будут уменьшены;

4) Качество строительства будет улучшено;

5) Количество несчастных случаев будет уменьшено и т.д.

Чем быстрее данные технологии будут интегрированы в процесс строительства, тем выгоднее будет положение организаций, а значит и более конкурентоспособное положение они будут занимать.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Н.М. Аль-Харгуси Саиф*: СОВРЕМЕННЫЕ УСЛОВИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ БИЗНЕСА URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-usloviya-tsifrovoy-transformatsii-biznesa> (дата обращения: 15.10.2023).
2. *Клочкова Е.Н.* Оценка состояния и развития показателей сферы информационно-коммуникационных технологий // *Инновации и инвестиции*. 2016. № 4. С. 140—145. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-sostoyaniya-i-razvitiya-pokazateley-sfery-informatsionnokommunikatsionnyh-tehnologiy> (дата обращения: 15.10.2023).
3. *КН. Горбова, М.М. Мусаев, Р.Р. Аванесова*: ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-stroitelnoy-otrasli-rossii> (дата обращения: 15.10.2023).
4. Приоритеты цифровизации российских девелоперских и строительных компаний URL: https://strategy.ru/media/uploads/2023/06/Приоритеты_цифровизации_российских_девелоперских_и_строительных_компаний_ХаМКWJc.pdf (дата обращения: 15.10.2023).
5. *Алексеев О.А.* Цифровизация глобального мира и роль государства в цифровой экономике / *О.А. Алексеев, И.В. Ильин* // *Информационное общество*. - 2018. - N 2. - С.25-28.
6. *Вишинецкая А.И., Аблязов Т.Х.*: Ключевые направления цифровой трансформации строительных организаций URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klyucheve-napravleniya-tsifrovoy-transformatsii-stroitelnyh-organizatsiy> (дата обращения: 15.10.2023).
7. Институт статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) НИУ ВШЭ: Индекс цифровизации отраслей экономики и социальной сферы URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/785333175.pdf> (дата обращения: 15.10.2023).
8. *Мороз Антон Михайлович*: Риски при цифровизации строительной отрасли: URL: [https://nostroy.ru/news_files/2021/09/23/2021-09-23_Риски%20цифровизации%20\(Мороз\).pdf](https://nostroy.ru/news_files/2021/09/23/2021-09-23_Риски%20цифровизации%20(Мороз).pdf) (дата обращения: 15.10.2023).

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ И ФАКТОРЫ ЕЕ ФОРМИРУЮЩИЕ

Д. Орымбаев¹, Л.В. Прыкина²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹Daken29.12.98@gmail.com

²Laraprykina@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматриваются эффективные стратегии и направления для усиления инвестиционного потенциала в строительной индустрии в условиях экономических трудностей. Основное внимание уделяется анализу ключевых аспектов, включая модернизацию технологической базы, поддержку со стороны финансовых учреждений, снижение ставок по кредитам, развитие лизинговых услуг, ресурсно-ориентированный подход к стоимости строительства и институциональную поддержку государства. Также предлагаются идеи по интеграции незавершенных строительных объектов в экономику через программы приватизации, укрепление информационной среды лизинга и активное использование внутренних резервов для обновления производственных активов.

Ключевые слова: инвестиционный потенциал, строительная индустрия, инновационное развитие, технологическая модернизация, финансовая поддержка, лизинговые услуги, приватизация, информационные технологии, интеллектуальные ресурсы, рыночная конкуренция.

В современной экономике строительная индустрия играет ключевую роль в обеспечении устойчивого развития государства, формируя основу для социальной и производственной инфраструктуры. Инвестиционные проекты в строительной отрасли представляют собой мощный инструмент экономического роста и технологического обновления, однако их реализация сопряжена с рядом рисков и требует надежности производственного потенциала на всех этапах жизненного цикла. В условиях возрастающей конкуренции и динамично меняющихся рыночных условий актуализируется проблема развития надежности производственного потенциала строительных предприятий для успешной реализации инвестиционных проектов.

Длительный спад инвестиционной активности в России привел к заметному сокращению инвестиций в ключевые сектора экономики, включая строительство. К примеру, в 2016 году число обанкротившихся строительных организаций увеличилось почти на 17% по сравнению с 2015 годом. Объем строительно-монтажных работ упал на 4%, и доля прибыльных организаций также заметно сократилась. К тому же, темпы ввода жилья снизились на 5%, что подчеркивает уменьшение инвестиционного потенциала в этом сегменте. Сокращение кредитования строительных предприятий и увеличение количества мелких, малоэффективных строительных фирм дополнительно усугубляют ситуацию. В период с 2010 по 2022 годы произошел рост инвестиций в новое строительство, в то время как доля инвестиций в модернизацию и перевооружение существенно сократилась, причем инвестиции в модернизацию оказались ниже почти в три раза по сравнению с инвестициями в новое строительство. В 2020 году, на фоне пандемии COVID-19, инвестиции в основной капитал в целом по экономике снизились на 4-6%, что еще более осложнило ситуацию, оказав негативное влияние на инвестиционный потенциал и развитие строительных компаний в России.

Согласно официально публикуемым данным о состоянии строительной отрасли в России, несмотря на общий спад в экономике, включая снижение объемов ВВП и инвестиций в основной капитал на 4-6% в 2020 году вследствие пандемии, наблюдается

определенный рост инвестиционной активности в строительном секторе. Это можно подтвердить следующими цифрами⁴⁹:

- В период 2017-2018 годов доля собственных средств предприятий в инвестициях в основной капитал увеличилась с 45% до 53-54%, что свидетельствует о росте внутренних ресурсов компаний для инвестирования в развитие.

- Несмотря на сокращение финансирования из федерального бюджета в 2018 году до 15,3%, доля бюджетов всех уровней в финансировании инвестиций в основной капитал оставалась относительно стабильной в интервале 16-19% в предыдущие годы.

- Уровень участия банков в общем объеме финансирования инвестиций в основной капитал сохранялся на уровне чуть выше 10%, несмотря на высокие проценты по кредитам, что указывает на некоторую стабильность банковского кредитования.

- После снижения инвестиций в основной капитал на 4-6% в 2020 году из-за пандемии COVID-19, инвестиционная активность в строительной отрасли России в 2021 году показала признаки восстановления, что может быть связано с общими мерами по стимулированию экономики и специфическими программами поддержки строительного сектора.

- Ожидается, что данные за 2023 год, которые могут быть предварительными в отчетах Росстата, отразят укрепление инвестиционного потенциала строительных компаний за счет внутренних и внешних источников финансирования, включая увеличение доли собственных средств предприятий и потенциальное улучшение доступа к банковскому кредитованию.

- В 2024 году строительная отрасль может столкнуться с новыми вызовами, связанными с геополитической обстановкой, изменениями в экономической политике и внешней торговле, которые могут повлиять как на инвестиционный климат, так и на строительную активность в целом.

Хотя данные показатели не отражают значительного роста инвестиций и существуют серьезные проблемы, такие как увеличение численности банкротств среди строительных предприятий и снижение платежеспособности, они всё же свидетельствуют о некотором улучшении инвестиционного климата в строительной отрасли, даже на фоне экономических трудностей.

Одной из ключевых проблем, определяющих нынешнее состояние в строительной сфере, является неблагоприятная обстановка для инвестиций по сравнению с другими секторами экономики⁵⁰. Строительная отрасль отстает от прочих сегментов рынка в части привлечения финансовых средств, что отражается на объемах инвестиционных вливаний. За прошедшие полтора десятилетия отмечен ускоренный процесс морального устаревания строительного оборудования, что негативно сказалось на уровне технологической оснащенности в данной отрасли.

Важность повышения инвестиционного потенциала в строительной отрасли в условиях текущих экономических трудностей подчеркивает необходимость выявления и использования внутренних резервов, активизации привлечения инвестиций, а также разработки и внедрения стратегий по обновлению основных производственных активов⁵¹. Ключевыми источниками финансирования данных процессов обычно являются прибыль предприятий и амортизационные отчисления, которые являются основой для создания финансового и производственного потенциалов в строительной индустрии. В контексте рыночной конкуренции становится все более важным обладание строительными

⁴⁹ Строительство в России. 2022: Стат. сб. / Росстат. - М., С863 2022. - 148 с.

⁵⁰ Оборин М.С. Развитие строительной отрасли в новых макроэкономических реалиях // Экономика строительства и природопользования. 2022. №1-2 (82-83). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-stroitelnoy-otrasli-v-novyh-makroekonomicheskikh-realiiyah> (дата обращения: 28.11.2023).

⁵¹ Листопад М.Е., Пшул Л.А. Анализ инвестиционной привлекательности строительной отрасли в современных условиях цифровизации // Вестник НГИЭИ. 2021. №3 (118). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-investitsionnoy-privlekatelnosti-stroitelnoy-otrasli-v-sovremennyh-usloviyah-tsifrovizatsii> (дата обращения: 28.11.2023).

компаниями преимуществами в сфере интеллектуальных ресурсов и информационных технологий, а также способностью к инновациям.

Чтобы определить стратегии для усиления инвестиционной способности предприятий в сфере строительства, необходимо рассмотреть возможные подходы к улучшению ключевых аспектов инвестиционной способности: финансового, производственного, умственного и инновационного аспектов⁵².

Производственный аспект способности к инвестированию на строительных предприятиях тесно связан с наличием материальных ресурсов и, в еще большей степени, с основными активами компании. Здесь важны характеристики, как количественные, так и качественные, а также технические параметры оборудования, машин и материалов, которые вносят свой вклад в производственный процесс компании.

Одним из ключевых моментов для улучшения инвестиционной привлекательности предприятий строительной отрасли, является более эффективное использование существующих активов, что сопоставимо с сокращением затрат на капитальные вложения. Главные направления для усиления инвестиционной привлекательности через улучшение использования основных активов включают в себя управление активами высокого качества, оптимизацию структуры основных активов, улучшение качества технического обслуживания и ремонта, минимизацию времени простоев, и рационализацию использования строительной техники и оборудования. Эти действия предполагают возможность уменьшения общих затрат на труд и, следовательно, усиление инвестиционной способности предприятий.

Экономическая способность организаций к финансовой устойчивости и росту определяется через доступность таких элементов, как денежные потоки, сбережения и финансовые поступления. Элементы, влияющие на эту способность, включают как факторы внешней экономической ситуации на мировом и национальном уровнях, так и законодательные рамки, определяющие методику расчетов, в дополнение к внутренним факторам, таким как финансовые стратегии и бухгалтерские практики⁵³.

Взаимосвязь между финансовыми возможностями и производственной мощностью в строительной индустрии проявляется через стратегии, направленные на эффективное привлечение и распределение капитала и амортизационных отчислений. Непосредственно на производственные возможности компаний в строительной сфере оказывает влияние амортизация, значение которой связано с оценкой стоимости активов компании и периода их эксплуатации. Точное вычисление амортизационных отчислений является ключевым из-за их переменной природы и зависимости от различных переменных.

Инвестирование в высокоценное оборудование и машины, а также баланс между скоростью обновления и изъятия активов, значительно воздействует на размер амортизационных начислений. Расширение, модификация и обновление существующих предприятий ведут к увеличению этих начислений. В то же время, если основные средства выводятся из эксплуатации быстрее, чем происходит их замена, их величина сокращается.

Метод лизинга предоставляет возможность обновлять основные средства, что становится особенно важно в период экономических спадов. Лизинг служит инструментом для стимулирования экономического роста и усиления инвестиционной привлекательности строительных компаний благодаря вовлечению новых инвестиций. Лизинговая фирма по

⁵² Овсянников С.В., Давыдова Е.Ю. Формирование инновационных и инвестиционных стратегий управления в жизненном цикле организации // Известия вузов. Социология. Экономика. Политика. 2015. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-innovatsionnyh-i-investitsionnyh-strategiy-upravleniya-v-zhiznennom-tsikle-organizatsii> (дата обращения: 28.11.2023).

⁵³ Латанова Е.В. Основные виды финансовых стратегий и этапы их формирования // АНИ: экономика и управление. 2014. №4 (9). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-vidy-finansovyh-strategiy-i-etapy-ih-formirovaniya> (дата обращения: 28.11.2023).

заданию клиента покупает необходимое имущество и предоставляет его клиенту для использования, что способствует обновлению материально-технической базы компании⁵⁴.

В сфере строительства предметы лизинга зачастую включают в себя строительную технику и оборудование, такие как экскаваторы, подъемные устройства на гидравлике, оборудование для очистки поверхностей, самоходные и поворотные бульдозеры. Также востребованы транспортные средства для строительных нужд: краны различных модификаций, выравнивающая техника, башенные подъемные механизмы, передвижные электростанции, грузовой автотранспорт, а также смесительное оборудование для бетона и раствора, мобильные установки для производства бетонных смесей и щебня, различные инструменты и механические компоненты.

За последние пять лет был зафиксирован рост всех ключевых индикаторов российского лизингового рынка, согласно представленным данным (Таблица 1). На дату 1 января 2020 года наибольший объем лизинговых услуг предоставляли такие компании, как «Сбербанк Лизинг», «Государственная транспортная лизинговая компания» и «ВТБ Лизинг».

Привлекательность лизинговых операций заключается прежде всего в возможности для получателя лизинга использовать значимые активы с ограниченными собственными инвестициями и использовать процесс ускоренной амортизации такого имущества, а также в гибкости платежного графика и предоставлении гарантийного обслуживания для лизинговых объектов. Лизинговое имущество не учитывается на балансе лизингополучателя, что позволяет ему не увеличивать активы и избегать налогообложения на данное имущество. Кроме того, выплаты по лизингу уменьшают затраты лизингополучателя и, соответственно, налог на прибыль.

⁵⁴ Абдулхаликова Патимат Ахмедовна, Павлюченко Елена Ивановна Особенности развития лизинговых отношений в строительстве // Вестник ДГТУ. Технические науки. 2017. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razvitiya-lizingovyh-otnosheniy-v-stroitelstve> (дата обращения: 28.11.2023).

Табл. 1 Показатели развития рынка лизинга в 2016-2022 годах⁵⁵

Показатели	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Объем нового бизнеса (стоимости имущества), млрд рублей	742	1 095	1 310	1 500	1 410	2 280	1 980
Темпы прироста (период к периоду), %	36,1	47,5	19,6	14,5	-6,0	61,7	-13,2
Сумма новых договоров лизинга, млрд рублей	1 150	1 620	2100	2 550	2 040	3 370	3 209
Темпы прироста (период к периоду), %	38,6	40,9	29,6	21,4	-20,0	65,2	-4,8
Концентрация на топ-10 компаний в объеме нового бизнеса, %	62,2	63,5	71,2	66,0	64,9	63,2	75,4
Объем полученных лизинговых платежей, млрд рублей	790	870	1 050	910	1 060	1 595	2 029
Темпы прироста (период к периоду), %	0,1	0,1	20,7	-13,0	16,5	50,5	27,2
Объем профинансированных средств, млрд рублей	740	950	1 300	1 250	1 330	2 130	2 212
Совокупный портфель лизинговых компаний, млрд рублей	3 200	3 450	4 300	4 900	5 170	6 450	6 750
Темпы прироста (за период), %	3,2	7,8	24,6	14,0	5,5	24,8	4,7
ВВП России (в текущих ценах, поданным Росстата), млрд рублей	86044	92082	103627	109362	106607	131015	127740
Доля лизинга в ВВП, %	0,9	1,2	1,0	1,4	1,3	1,7	1,6

Анализируя предоставленные данные, можно отметить, что рынок лизинга в России демонстрирует переменные тенденции в период с 2016 по 2022 годы. В 2017 году наблюдался значительный прирост объема нового бизнеса (стоимости имущества) на 47,5%, достигнув 1 095 млрд рублей, и продолжил расти до 1 500 млрд рублей в 2019 году. Однако в 2020 году, вероятно, под влиянием пандемии COVID-19, произошло снижение на 6% до 1 410 млрд рублей, за которым последовало восстановление с рекордным приростом в 61,7% в 2021 году. В 2022 году темпы прироста вновь упали на -13,2%.

Число новых договоров лизинга также показало волатильность, сократившись на 20% в 2020 году, но впоследствии увеличилась на 65,2% в 2021 году, прежде чем упасть на -4,8% в 2022 году. Концентрация рынка в руках топ-10 компаний варьировалась, достигнув

⁵⁵ Рынок лизинга по итогам 2022 года: на пониженной передаче [Электронный ресурс] // Доступ: <https://raexpert.ru/researches/leasing/2022/> (Дата обращения: 28.11.2023).

пика в 71,2% в 2018 году и повысившись до 75,4% в 2022 году, что может свидетельствовать о дальнейшей консолидации рынка.

Объем полученных лизинговых платежей стабильно рос с 2016 по 2022 год, за исключением снижения в 2019 году, достигнув в 2022 году 2 029 млрд рублей. Совокупный портфель лизинговых компаний также показал устойчивый рост, увеличившись с 3 200 млрд рублей в 2016 году до 6 750 млрд рублей в 2022 году.

Доля лизинга в ВВП России колебалась, но в целом демонстрировала тенденцию к увеличению, достигнув максимума в 1,7% в 2021 году и оставшись на уровне в 1,6% в 2022 году. Эти данные свидетельствуют о том, что несмотря на экономические вызовы, включая пандемию, рынок лизинга в России сохраняет свои позиции и остается важным инструментом финансирования основных фондов.

Для повышения эффективности рыночных механизмов в сфере лизинговых услуг полезно было бы внедрить разработку и активизацию информационной среды, которая бы обеспечивала широкое осведомление о предложениях лизинга как на местном, так и на национальном уровне. Это предполагает создание объединенной базы данных, содержащей сведения о внутренних и иностранных компаниях, предоставляющих лизинговые услуги.

Прибыль является ключевым индикатором экономической эффективности и главным источником для обновления основных средств в строительной отрасли⁵⁶. Однако в последнее время фиксируется тревожная тенденция её убывания. Необходимо подчеркнуть, что даже регламентирующие документы, включая новую методику расчета сметной прибыли, существенно занижают стандартную прибыль для подрядных организаций разных видов работ. При этом, несмотря на использование прежнего подхода к определению сметной прибыли через затраты на оплату труда рабочих и механизаторов, при применении широко распространенного базисно-индексного метода оценки, полученные цифры не соответствуют реальной прибыли подрядчика. Фактическая прибыль оказывается гораздо ниже из-за роста стоимости материалов, конструкций и других ресурсов. Поскольку сметная прибыль вычисляется в процентном соотношении от заработной платы, наличие диспропорции между официально заявленными и реальными индексами, отражающими повышение зарплат, приводит к тому, что итоговая прибыль, рассчитанная на основе фактических данных, может существенно отставать от предполагаемой сметной величины.

Доля самостоятельно инвестированных средств в индустрии составляет всего 30%, что сигнализирует о критически низком уровне для обновления и модернизации производственных активов. Специалисты утверждают, что для увеличения этой пропорции необходимо сократить налоговые отчисления, включая налог на добавленную стоимость, и внести коррективы в законодательные нормы, касающиеся вычисления предполагаемой прибыли⁵⁷. Это также включает переход к более точным способам формирования цен, основанным на ресурсах и индексах ресурсов, которые отражают реальные рыночные стоимости рабочей силы и операторов машин.

К тому же, среди альтернативных способов финансирования выделяют банковские кредиты. Тем не менее, из-за высоких процентных ставок эти инструменты становятся слишком затратными для строительных фирм, что снижает их популярность.

В контексте поиска новых способов привлечения инвестиций необходимо уделить внимание интеграции в экономику объектов, строительство которых не было завершено⁵⁸.

⁵⁶ Шаркова А.В., Чинаева Т.И., Клепацкая А.С. Анализ деятельности строительных организаций на основе изучения показателей прибыли // Статистика и экономика. 2018. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-deyatelnosti-stroitelnyh-organizatsiy-na-osnove-izucheniya-pokazateley-pribyli> (дата обращения: 28.11.2023).

⁵⁷ Никулина О.М. Налоговая нагрузка в России: основные подходы // Финансы и кредит. 2016. №17 (689). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nalogovaya-nagruzka-v-rossii-osnovnye-podhody> (дата обращения: 28.11.2023).

⁵⁸ Хаунина Е.А. Потенциал реновации промышленного наследия для территориального развития города: экономические и социокультурные аспекты // ВТЭ. 2020. №4. URL:

Проработка программы приватизации таких объектов в строительной отрасли, которая будет согласована с государственными и муниципальными инициативами, может служить ключевым решением этой проблемы.

Интеллектуальный потенциал компаний в сфере строительства определяется количеством и квалификацией их сотрудников, а также их способностью к решению задач, требующих творческого подхода. В настоящее время критически важным аспектом их развития является информационное окружение, включая программное обеспечение, доступность этого ПО и навыки работы с ним. Современные стандарты в данной области требуют от сотрудников освоения информационного моделирования объектов строительства, что влечёт за собой необходимость новых знаний и умений как в инвестиционно-строительных компаниях, так и в субподрядных организациях. Существует потребность в экспертах по планированию работ, которые владеют специализированным программным обеспечением для управления процессами и координации деятельности на стройплощадках.

Инновационный потенциал тесно переплетается с ранее упомянутыми аспектами потенциала. Учитывая усиление конкурентной борьбы как внутри страны, так и на международном уровне в сфере производства строительных материалов, а также стремительное развитие технологий и внедрение новшеств в материалах и конструкциях, интеграция инноваций становится ключевым мотиватором для строительных компаний. Это связано с потенциалом понижения издержек и улучшения качества выпускаемой продукции. Изменения в дизайне, использовании новаторских материалов и конструкций, адаптация новейших технологий и оборудования, а также внедрение комплексных решений в области безопасности, экологии и энергоэффективности становятся ключевыми направлениями для повышения инвестиционных возможностей компаний⁵⁹. Основная проблематика усиления такого рода потенциала заключается в недостаточном внимании к новшествам на рынке, что объясняется высокой стоимостью инновационных решений, необходимостью повышения квалификации работников и модернизации производственных мощностей для их применения.

Очевидно, что задача полного описания всех направлений для усиления инвестиционных возможностей в пределах одной публикации представляется чрезвычайно сложной, учитывая многообразие составляющих этого процесса. Тем не менее, мы выделяем ключевые стратегии, которые могут способствовать укреплению инвестиционных позиций компаний в сфере строительства:

- Улучшение и модернизация технологической основы;
- Ориентация финансовых учреждений на поддержку производственных отраслей;
- Понижение ставок по кредитам и предоставление специальных условий кредитования для предприятий строительной отрасли;
- Расширение применения и осведомленности о лизинговых услугах в строительстве, а также акцентирование внимания на надежности лизинговых компаний;
- Внедрение ресурсно-ориентированного подхода к формированию стоимости в сметном делении;
- Институциональная поддержка со стороны государства для стимулирования инновационного развития в строительной индустрии.

Подводя итоги настоящего исследования необходимо отметить, что в нем были выявлены ключевые стратегии для укрепления инвестиционных позиций компаний в сфере строительства, которые включают улучшение технологической базы, ориентацию финансовых учреждений на поддержку производственных отраслей, понижение ставок по

<https://cyberleninka.ru/article/n/potentsial-redevelopmenta-promyshlennogo-naslediya-dlya-territorialnogo-razvitiya-goroda-ekonomicheskie-i-sotsiokulturnye-aspekty> (дата обращения: 28.11.2023).

⁵⁹ Петриков П.А., Милованов Н.В. Энергосберегающие строительные инновации на рынке энергоэффективности // НАУ. 2021. №72-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/energoberegayuschie-stroitelnye-innovatsii-na-rynke-energoeffektivnosti> (дата обращения: 28.11.2023).

кредитам, расширение осведомленности о лизинговых услугах и институциональную поддержку со стороны государства. Эти меры направлены на стимулирование инновационного развития и могут сыграть важную роль в обновлении основных средств, что важно в условиях текущего убывания прибыли в отрасли.

Проблема незавершенного строительства также была исследована как потенциальный источник инвестиций. Разработка программы приватизации незавершенных объектов, согласованная с государственными и муниципальными инициативами, может способствовать интеграции этих объектов в экономику и привлечению дополнительных инвестиционных ресурсов.

Тем не менее, прибыль в строительной отрасли испытывает снижение, что вызывает беспокойство. Даже с учетом новой методики расчета сметной прибыли, фактическая прибыль часто оказывается ниже ожидаемой из-за роста стоимости материалов и других ресурсов. Сметная прибыль, рассчитываемая как процент от зарплаты, не соответствует реальной прибыли из-за диспропорции между официальными и реальными зарплатными индексами.

В заключение подчеркнем, что несмотря на некоторое улучшение инвестиционного климата, строительная отрасль по-прежнему отстает от других секторов экономики в привлечении инвестиций. Моральное устаревание строительного оборудования, отмеченное за последние полтора десятилетия, оказало негативное влияние на уровень технологической оснащенности, что требует срочного внимания для обеспечения устойчивого развития отрасли в будущем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдулхаликова П.А., Павлюченко Е.И. Особенности развития лизинговых отношений в строительстве // Вестник ДГТУ. Технические науки. 2017. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razvitiya-lizingovyh-otnosheniy-v-stroitelstve> (дата обращения: 28.11.2023).
2. Латанова Е.В. Основные виды финансовых стратегий и этапы их формирования // АНИ: экономика и управление. 2014. №4 (9). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-vidy-finansovyh-strategiy-i-etapy-ih-formirovaniya> (дата обращения: 28.11.2023).
3. Листопад М.А., Пшул Л.А. Анализ инвестиционной привлекательности строительной отрасли в современных условиях цифровизации // Вестник НГИЭИ. 2021. №3 (118). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-investitsionnoy-privlekatelnosti-stroitelnoy-otrasli-v-sovremennyh-usloviyah-tsifrovizatsii> (дата обращения: 28.11.2023).
4. Никулина О.М. Налоговая нагрузка в России: основные подходы // Финансы и кредит. 2016. №17 (689). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nalogovaya-nagruzka-v-rossii-osnovnye-podhody> (дата обращения: 28.11.2023).
5. Оборин М.С. Развитие строительной отрасли в новых макроэкономических реалиях // Экономика строительства и природопользования. 2022. №1-2 (82-83). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-stroitelnoy-otrasli-v-novyh-makroekonomicheskikh-realiyah> (дата обращения: 28.11.2023).
6. Овсянников С.В., Давыдова Е.Ю. Формирование инновационных и инвестиционных стратегий управления в жизненном цикле организации // Известия вузов. Социология. Экономика. Политика. 2015. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-innovatsionnyh-i-investitsionnyh-strategiy-upravleniya-v-zhiznennom-tsikle-organizatsii> (дата обращения: 28.11.2023).
7. Петриков П.А., Милованов Н.В. Энергосберегающие строительные инновации на рынке энергоэффективности // НАУ. 2021. №72-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/energoberegayuschie-stroitelnye-innovatsii-na-rynke-energoeffektivnosti> (дата обращения: 28.11.2023).
8. Рынок лизинга по итогам 2022 года: на пониженной передаче [Электронный ресурс] // Доступ: <https://raexpert.ru/researches/leasing/2022/> (Дата обращения: 28.11.2023).
9. Строительство в России. 2022: Стат. сб. / Росстат. - М., С863 2022. - 148 с.
10. Хаунина Е.А. Потенциал редевелопмента промышленного наследия для территориального развития города: экономические и социокультурные аспекты // ВТЭ. 2020. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/potentsial-redevelopmenta-promyshlennogo-naslediya-dlya-territorialnogo-razvitiya-goroda-ekonomicheskie-i-sotsiokulturnye-aspekty> (дата обращения: 28.11.2023).
11. Шаркова А.В., Чинаева Т.И., Клепацкая А.С. Анализ деятельности строительных организаций на основе изучения показателей прибыли // Статистика и экономика. 2018. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-deyatelnosti-stroitelnyh-organizatsiy-na-osnove-izucheniya-pokazateley-pribyli> (дата обращения: 28.11.2023).

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ РОЛИ ЧАСТНОГО ПАРТНЕРА В ПРОЦЕССЕ СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КАМПУСОВ

Н.Г. Верстина¹, О.О. Донская²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹verstina@mail.ru

²o.donskaya@gmail.com

Аннотация

Современный кампус становится привлекательным объектом инвестирования, поскольку предполагает проектирование инфраструктуры и моделей управления под новые запросы образования, науки и третьей миссии университетов и предполагает интеграцию университетов в структуру города с последующей разработкой востребованных продуктов и сервисов. Структура финансирования проектов создания сети современных кампусов в Российской Федерации содержит не менее 40% внебюджетных источников, привлекаемых частным партнером на принципах государственно-частного партнерства. В статье представлен анализ механизма государственно-частного партнерства при реализации федерального проекта «Создания сети современных кампусов», в частности - роль частного партнера. В ходе проведения исследования проанализирована информация, регламентирующая реализацию федерального проекта. Результат исследования показал существование ограничений в управленческой роли частного партнера, где объектами управления становятся процесс проектирования, строительства и эксплуатации, а также организация минимального набора сервисов в процессе эксплуатации.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из ключевых национальных целей развития нашей страны в соответствии с Указом Президента «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» является возможность для самореализации и развития талантов, что предполагает повышение качества образования, активизацию научно-исследовательской деятельности с вхождением в десятку ведущих стран мира, формирование эффективной системы выявления, поддержки и развития способностей и талантов и создание условий для воспитания гармонично развитой и социально ответственной личности. Указанные национальные цели развития получили отражение также и в Государственной программе Российской Федерации «Развитие образования» [1].

Для повышения качества образования, роста его привлекательности, для развития науки и увеличения ее популярности, в том числе среди талантливой молодежи, привлечения такой молодежи в науку необходимы определенные условия. Одним из таких условий является создание среды для жизни, получения образования, работы и интеллектуального развития.

Согласно Поручениям Президента № Пр-419, к 2030 г. в России должна быть создана сеть современных кампусов образовательных организаций высшего образования. Федеральный проект «Создание сети современных кампусов» является частью национального проекта «Наука и университеты». На заседании Совета по стратегическому развитию в декабре 2022 года Президентом РФ задан образ кампуса: «В ближайшие 10-летие в России должны быть созданы 25 новых университетских кампусов мирового уровня с самыми современными условиями для учебы и научной деятельности. Эти кампусы должны стать точками притяжения талантливых ребят со всей страны, а также центрами развития науки и экономики регионов расположения этих учебных заведений».

Для определения эффективных механизмов реализации федерального проекта «Создание сети современных кампусов» Министерство науки и образования РФ разработало «Стандарт инновационной образовательной среды (кампусов)» (далее –

Стандарт), где определены общие термины, базовые требования к функционированию, организационная модель управления проектом, социально-экономические эффекты деятельности кампусов и требования к сервисам. Согласно заложенным требованиям, функционал кампуса обеспечивает подготовку кадров в соответствии с целями региональной стратегии социально-экономического развития: на его территории предусмотрено наличие технопарков, обеспечивающих полный цикл развития инновационных компаний; создаются комфортные условия для проживания и обучения. Социально-экономические эффекты, определенные Стандартом, разделены на три уровня и призваны достичь улучшения показателей на национальном уровне, институциональном уровне и уровне субъектов Российской Федерации [2].

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 28.07.2021 г. № 1268 «О реализации проекта по созданию инновационной образовательной среды (кампусов) с применением механизмов государственно-частного партнерства и концессионных соглашений в рамках федерального проекта «Развитие инфраструктуры для научных исследований и подготовки кадров» национального проекта «Наука и университеты» предельный объем средств, предоставляемых из федерального бюджета на финансовое обеспечение (софинансирование) реализации инвестиционного проекта, не может составлять более 60 процентов стоимости создания кампуса, определенной в финансово-экономической модели инвестиционного проекта. Данное условие требует привлечения других источников - регионального бюджета субъектов Российской Федерации, внебюджетных средств. Для привлечения внебюджетных средств при создании инфраструктуры учреждений высшего образования привлекаются частные партнеры на принципах государственно-частного партнерства путем механизма заключения концессионного соглашения в соответствии с Федеральным законом «О концессионных соглашениях» или соглашения о государственно-частном партнерстве, заключаемого в соответствии с Федеральным законом «О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что сложившаяся структура источников финансирования создания сети современных кампусов показывает значительную долю внебюджетных источников, которая составляет 42% от общего объема бюджета создания 17 проектов современных кампусов (Рис.1).

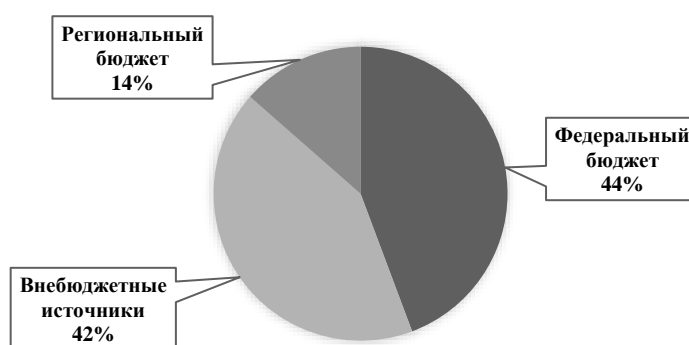


Рис.1. Структура бюджета по источникам финансирования создания современных кампусов.

Финансово-экономическая модель предусматривает возврат вложений частного партнера путем получения дохода в процессе эксплуатации. Таким образом, роль частного партнера переходит в содержательную плоскость, а именно в проектирование бизнес-модели востребованных продуктов и сервисов, которые обеспечат возврат инвестиций. Данная роль требует комплексного анализа на предмет наличия в применяемом в настоящее

время подходе государственно-частного партнерства и основополагающих документах федерального проекта оснований для ее реализации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования стал механизм государственно-частного партнерства при реализации федерального проекта «Создание сети современных кампусов», предметом – роль частного партнера в процессе создания и эксплуатации. Основным методом исследования был выбран анализ информации.

Источниками информации стали официальные сайты Правительства Российской Федерации, Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Института развития ВЭБ.РФ, специальные сайты государственных программ и проектов, Стандарт инновационной образовательной среды (кампусов), научные статьи и литература, посвященные вопросам развития механизма государственно-частного партнерства.

На первом шаге исследования было дано определение механизма государственно-частного партнерства и выявлена типология частных партнеров применительно к условиям создания современных кампусов. На втором шаге был проведен анализ документов, регламентирующих реализацию федерального проекта «Создание сети современных кампусов», в результате которого была определена роль частного партнера в исследуемых условиях. На третьем шаге было выявлено существование ограничений в управленческой роли частного партнера, которые создают условия для формирования рисков эффективной реализации финансово-экономической модели.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Термин «государственно-частное партнерство» (далее – ГЧП) возник в США в начале XX века и первоначально относился к совместной реализации образовательных программ государством и частным сектором, а впоследствии, в 1950-х годах, на аналогичных основаниях стал применяться в коммунальном обслуживании. К 1960-м годам это понятие стало более широко применяться к совместным государственно-частным предприятиям по обновлению городской инфраструктуры. Кроме того, в США его используют для обозначения социальных услуг, финансируемых государством за счет негосударственного (часто добровольно) и некоммерческого сектора, а также для сферы государственного финансирования частных исследований и развития таких областей, как технологии. ГЧП, согласно приведенному здесь определению, содержит следующие основные элементы:

- долгосрочный контракт (далее - ГЧП-контракт) между государственной и частной сторонами;
- проектирование, строительство и эксплуатация объектов государственной инфраструктуры частной стороной;
- использование частного капитала для финансирования всей или значительной части строительства объекта;
- платежи в течение срока действия ГЧП-контракта частному сектору за использование объекта, осуществляемые пользователями: государственной стороной, или широкой общественностью, или теми и другими;
- объект, который остается государственной собственностью или возвращается в государственную собственность по завершении ГЧП-контракта;
- распределение рисков между государственной и частной сторонами в той или иной форме;
- предоставление государственных услуг [3, с. 25-26]

В Российской Федерации первым документом, где впервые развернуто описан механизм частно-государственного партнерства, была «Программа экономического развития Российской Федерации на среднесрочную перспективу (2006-2008 годы)» (далее — Программа), утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 января 2006 г. № 38-р. В Программе сформулировано предназначение развития институтов

взаимодействия государства и бизнеса - оно является одним из важных условий формирования эффективной экономической политики, повышения инновационной активности, развития экономической и социальной инфраструктуры.

На сегодняшний день закрепился наметившийся в последние годы тренд на использование механизмов государственно-частного партнерства для развития социальной инфраструктуры – на нее в 2022 году пришлось 39 новых проектов по сравнению с 13 проектами в коммунально-энергетической и 6 проектами в транспортной сферах. Активному запуску социальных проектов способствует ряд отраслевых программ государственной поддержки [4]. Федеральный проект «Создание сети современных кампусов» является одним из них.

С точки зрения реализации современных кампусов по заданному федеральным проектом образу, для государства выгодно сотрудничество с частными партнерами. Современный кампус как один из видов социальной инфраструктуры становится привлекательным объектом инвестирования, поскольку предполагает возможность создания востребованных потребителями продуктов и сервисов. Целевой образ кампусов нового типа — это адаптация инфраструктуры и моделей управления под новые запросы образования, науки и третьей миссии университета. Это включает интеграцию университетов в структуру города с обеспечением баланса функций для удобной жизни, учебы и работы. Кампус должен обеспечивать плотность и интенсивность коммуникаций, качество пространства (открытость городу, современность, удобство), гибкость, способность перестраивать и экспериментировать, разнообразие неакадемических функций (в том числе и для горожан), эффективную экономическую и управленческую модель (управление по принципам бизнеса со включением бизнес-составляющей в стратегию кампуса) [5]. Такой целевой образ позволяет рассматривать кампус как бизнес-модель, где возникает процесс создания и предложения ценности для студентов, преподавателей, бизнес-резидентов, жителей города и региона, в котором участвует целый ряд компаний, взаимодействующих на рынке и имеющих разные роли в проекте. [6]

Частных партнеров проектов государственно-частного партнерства создания современных кампусов можно разделить на две основные категории:

- Операционные инвесторы-компании, для которых инвестиции являются частью стратегии обеспечения другого бизнеса в качестве субподрядчиков проектной компании,
- Финансовые инвесторы - субъекты, заинтересованные только в инвестициях, а не во вспомогательном бизнесе в качестве субподрядчиков: банки или инвестирующие в инфраструктуру компании или фонды [2, с. 360-361].

Согласно критериям оценки показателей качества инновационной образовательной среды (кампусов), установленных в Постановлении Правительства Российской Федерации от 28.07.2021 г. № 1268, частный партнер должен иметь подтвержденный опыт концессионера (частного партнера) в реализации не менее 2 крупных инфраструктурных проектов на принципах государственно-частного партнерства. Он должен иметь высокие финансово-экономические компетенции для возможности совершить оценку основных финансово-экономических параметров жизненного цикла инвестиционного проекта уже на этапе его подготовки. Его обязанностью является подтверждение своей финансовой состоятельности путем предоставления необходимого обеспечения. В Стандарте инновационной образовательной среды (кампусов) можно обнаружить несколько определений, каждое из которых можно отнести к роли частного партнера. Однозначное определение «частный партнер» дано исключительно с юридической точки зрения, а именно «российское юридическое лицо, с которым в соответствии Федеральным законом от 13 июля 2015 г. № 224-ФЗ «О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» заключено соглашение». Со стороны нормативно-правового аспекта использования механизма государственно-частного партнерства путем заключения

концессионных соглашений частный партнер определяется как «концессионер». Со стороны процесса управления кампусом введено определение «управляющей компании» как участника, осуществляющего деятельность по управлению кампусами. Стандартом предусматривается вхождение частного партнера в состав региональной рабочей группы для управления проектом на период его создания. Роль частного партнера в процессе создания определяется через распределение ответственности за исполнение мероприятий, заложенных в дорожную карту реализации проекта. Из требований к сервисам кампуса, а также к отдельным типам инфраструктур кампуса (общежитиям, гостиницам, учебно-лабораторному комплексу, технопарку, физкультурно-оздоровительному и многофункциональным комплексам) можно сделать вывод о следующем содержании роли частного партнера:

1. Привлечение квалифицированной сервисной компании для эксплуатации общественных пространств;
2. Заключение договоров на разные типы услуг: охрана территории и объектов кампуса, аренда транспортных средств, общественное питание;
3. Внедрение умной программной платформы управления системами зданий;
4. Подготовка обслуживающего персонала и обеспечение дружественного интерфейса в виде брендированной экипировки;
5. Обеспечение запрограммированного функционального наполнения сервисной инфраструктуры для достижения комфортной жизнедеятельности и обучения на территории кампуса;
6. Исполнение в пространственных решениях кампуса оптимального размещения помещений для обслуживающего персонала и инженерно-технических служб.
7. Исполнение требований к отделке и инженерно-техническому оснащению.

Управленческая и финансовая роли частного партнера далее могут быть определены на основании условий, предусматриваемых в заключаемых концессионных соглашениях. Согласно Федеральному закону от 21.07.2005 N 115-ФЗ (ред. от 10.07.2023) «О концессионных соглашениях» объектами управления частного партнера или концессионера становятся процесс и сроки создания объекта концессионного соглашения, разработка технико-экономических показателей, юридическое закрепление прав на пользование земельным участком расположения объекта, цели и срок использования, предоставление обеспечительных обязательств, размер концессионной платы, порядок и сроки ее внесения.

ВЫВОДЫ

Результаты исследования привели к следующим выводам:

- целевой образ современного кампуса требует изменить взгляд на его управление исключительно как на процесс эксплуатации инфраструктуры и позволяет рассматривать кампус как бизнес-модель, ключевое в которой - создание и предложение ценности для студентов, научного и преподавательского персонала, бизнес-резидентов, жителей города и региона;
- механизм государственно-частного партнерства путем заключения концессионных соглашений определяет роль частного партнера как финансирующей организации, где объектами управления становятся процессы строительства и эксплуатации;
- Стандарт дополняет роль финансового партнера обязательствами создать минимальный набор сервисов в процессе эксплуатации.

Таким образом, в официальных открытых документах, регламентирующих роль частного партнера, не предполагается процесс создания бизнес-модели кампуса с востребованными продуктами и сервисами в ее основании. Дальнейшее исследование будет посвящено построению концептуальной модели взаимоотношений между всеми участниками управления современным кампусом для определения функций частного партнера и построения механизмов создания востребованных продуктов и сервисов, которые позволят исключить риски невозврата инвестиций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Правительства РФ от 26.12.2017 N 1642 (ред. от 28.09.2023) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие образования». Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_286474/. Дата обращения: 18.11.23
2. Стандарт инновационной образовательной среды (кампусов) (новая редакция 11.05.2023 г), утвержденная Министром науки и высшего образования Российской Федерации. Режим доступа: <https://www.minobrnauki.gov.ru/press-center/news/novosti-ministerstva/61962/>. Дата обращения: 18.11.23.
3. *Э.Р. Лескомо, Э. Фаркухарсон.* Государственно-частное партнерство в сфере инфраструктуры: Принципы финансирования и управления / Альпина ПРО, 2022. — 638 с. (с 25-26); пер. с англ. — 2-е изд. — М.
4. Инвестиции в инфраструктуру и ГЧП // Аналитический обзор Национального центра ГЧП. Режим доступа: <https://pprcenter.ru/upload/iblock/59e/59e99c63fe1b0558340251ab897b3409.pdf>. Дата обращения: 29.11.23.
5. Университетские кампусы и город: кооперация ради конкурентоспособности / Доклад, выпущенный совместно ЦСР, Университетом 2035 и ВЭБ.РФ. Режим доступа: <https://www.csr.ru/ru/research/universitetskie-kampusy-i-gorod-kooperatsiya-radi-konkurentosposobnosti/> Дата обращения: 29.11.23.
6. *О.Ю. Геревенко, Т.В. Ковалева.* Исследование и обоснование типа бизнес-модели для проекта межвузовского кампуса / Научный журнал «Управленческий учет» No12 2022.
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 28.07.2021 г. № 1268 «О реализации проекта по созданию инновационной образовательной среды (кампусов) с применением механизмов государственно-частного партнерства и концессионных соглашений в рамках федерального проекта "Развитие инфраструктуры для научных исследований и подготовки кадров" национального проекта "Наука и университеты". Режим доступа: <http://government.ru/docs/all/135937/>. Дата обращения: 24.11.23.
8. *Etzkowitz H.* The evolution of the entrepreneurial university // International Journal of Technology and Globalisation, 2004 vol. 1, no. 1, pp. 64–77.
9. *Du Preez, M., Arkesteijn, M. H., den Heijer, A. C., M. Rymarzak, M.* Campus Managers' Role in Innovation Implementation for Sustainability on Dutch University Campuses, 2022 Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/su14231625>. Дата обращения: 29.11.23.

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОБИЛЬНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ

Р.Р. Казарян¹, П.П. Олейник², Д.В. Бесчастнов³, В.Г. Кисель⁴

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

⁴kisel.89@list.ru

Аннотация

В настоящее время осуществляется активное освоение территории Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока, как правило, силами мобильных строительных организаций и их формирований. Ими выполняется огромный комплекс работ, включая пионерное освоение территорий и возведение разнообразных объектов сосредоточенного и рассредоточенного строительства. При этом деятельность мобильных формирований существенно отличается от деятельности традиционных строительных организаций, прежде всего, тем, что им приходится автономно решать весь аспект задач жизнеобеспечения вдалеке от мест их постоянной дислокации. В этой связи исключительно актуальными являются вопросы их надежного обеспечения эффективными средствами производства, позволяющими во времени и пространстве быстро превратить материалы, конструкции и оборудование в готовую строительную продукцию при минимальных затратах живого труда на строительной площадке. В статье приводится подход к выбору варианта стратегии деятельности мобильных формирований на примере пионерного освоения территории. Подробно раскрыта модель оптимального планирования и указываются методы получения целочисленного решения.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы устойчиво развиваются разнообразные формы организации мобильного строительства зданий и сооружений в различных регионах страны, но особенно активно вахтовые и экспедиционные методы используются в малоосвоенных и труднодоступных районах Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока. Многие базовые строительные организации, располагающиеся в освоенных районах, имеют статус мобильной организации, предварительно переведя своих работников и вновь принятых работников на мобильные формы организации работ, заключив с ними соответствующие дополнительные соглашения или трудовые договора [1, 3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Деятельность мобильных строительных организаций и их формирований принципиально отличается от деятельности традиционных строительных организаций в районах постоянной дислокации. Такое отличие связано, прежде всего, с необходимостью мобильных формирований осуществлять такие сферы деятельности как трудовая, производственная, непроизводственная и инженерная. И если первые две сферы – трудовая и производственная, близки по структуре к деятельности традиционных строительных организаций, то следующие две сферы – непроизводственная и инженерная, свойственны только деятельности мобильных формирований. В частности, непроизводственная сфера включает обширную номенклатуру таких важных элементов как обеспечение жилищно-коммунальными условиями, организация питания, медицинского, торгового и транспортного обслуживания. Исключительно сложной и затратной является инженерная сфера, которая предназначена для обеспечения производственной и непроизводственной сфер энергетическими ресурсами, транспортом и связью. Ее структуру составляют электростанции, котельные, насосные, установки очистки и обеззараживания природных вод, инженерные и дорожные сети и т.д. [2, 4, 5].

Производственная деятельность мобильных формирований включает весь арсенал выполнения строительно-монтажных работ по развитию территорий и в том числе пионерное освоение территорий, выполнение внеплощадочных и внутриплощадочных подготовительных работ, строительство зданий и сооружений, капитальный ремонт и реконструкцию объектов капитального строительства [5, 6].

Имеются определенные отличия и в трудовой сфере, основная задача которой заключается в создании организационных структур мобильных формирований и выполнении ими соответствующих функций на любом удалении от района постоянного базирования строительной организации. Режимы трудовой деятельности таких структур определяются соответствующими методами организации работ – вахтовым, экспедиционным и экспедиционно-вахтовым, каждый из которых ограничивает продолжительность пребывания работника в местах производства работ [2, 5]. Так, например, длительность вахты рекомендуется в пределах 14-30 дней и согласно трудовому кодексу не должна превышать трех месяцев. Режимы труда и отдыха работников устанавливаются в зависимости от медико-биологических и социальных ограничений, природно-климатических условий района, особенностей производства и видов работ, продолжительности пребывания работника на объекте и др. Достаточно распространенными являются «симметричные» и «несимметричные» графики. При использовании «симметричного» графика 15 дней работы сменяются 15 днями отдыха, а при применении «несимметричного» графика два месяца работы предусматривают один месяц отдыха [4].

Материально-техническое обеспечение работ при организации строительства мобильными формированиями строится на основе поставок технологических комплектов материалов, изделий, строительных конструкций и оборудования с тыловых баз в соответствии с графиками производства работ. В этой связи очень эффективным является комплектно-блочный метод возведения объектов из блочных устройств и блоков высокой заводской готовности в результате переноса части работ со строительной площадки в стационарные условия, что существенно снижает затраты труда при дефиците обустройства и содержания работника в районах нового освоения.

Все перечисленные выше мероприятия должны быть заранее грамотно и обоснованно спланированы. Для этого строительные организации, как правило, разрабатывают четкую программу стратегических действий с конкретизацией развития системы управления, средств производства, состава управленческого и линейного персонала. Такие программы являются центральным звеном в стратегическом планировании, элементы которых затем уточняются и корректируются в процессах текущего и оперативного планирования [7-9].

Для решения задач стратегического планирования используются разнообразные методы имитационного моделирования и многокритериальной оптимизации, корпоративные информационные системы и математические модели. Но чаще всего специалисты применяют методы и модели больших систем оптимального планирования и управления. При этом выработка стратегии осуществляется в следующей последовательности: вначале анализируются результаты собственной деятельности, которые затем сопоставляются с конкурирующими фирмами. На этом этапе оценивается экономическая эффективность деятельности мобильного формирования, капиталоемкость производства, финансовая стабильность, конъюнктура строительного рынка, гибкость управленческих решений. В результате проявляются тенденции и прогнозы, которые служат основой для формирования нескольких альтернатив развития, нацеленных на достижение поставленных целей и задач строительной организации. Из этих вариантов выбирается оптимальный, который затем утверждается и передается на реализацию. Но при этом оставшиеся варианты ориентируются на определенные изменения характера строительного рынка и остаются как резервные [10-12].

Некоторые строительные организации с целью повышения надежности и реальности выработанного стратегического развития создали при руководстве аналитические группы,

задачей которых является текущий анализ конъюнктуры рынка и выработка упреждающих мероприятий.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве примера рассмотрим постановку задачи стратегического развития для подготовки и организации пионерного освоения территорий будущего строительства.

Пионерное освоение территории строительных площадок осуществляется до начала подготовительного периода строительства и включает комплекс мероприятий и работ по жизнеобеспечению, подготовке территорий будущих объектов и трасс внеплощадочных коммуникаций, баз материально-технического снабжения, жилых поселков для строителей.

Комплекс мероприятий по жизнеобеспечению составляют организационно-хозяйственные и инженерно-технические мероприятия. К организационно-хозяйственным мероприятиям относится вся номенклатура непромышленной сферы, а к инженерно-техническим – возведение жилых и коммунально-бытовых блок-модулей, систем энергоснабжения, складских и сборочных площадок, взлетно-посадочных полос, причальных и швартовых береговых сооружений и т.д.

Состав работ по подготовке территорий содержит следующую базовую номенклатуру:

- вырубка леса, корчевка пней и расчистка территории;
- гидромелиоративные работы и в том числе понижение уровня грунтовых вод, удаление избыточной влаги и т.д.;
- геодезическая подготовка территории;
- строительство транспортных коммуникаций и сооружений;
- возведение вахтовых жилых поселков и производственных баз;
- монтаж инвентарных объектов и коммуникаций водо-, энерго- и теплоснабжения;
- приемка и размещение трудовых и материально-технических ресурсов для подготовительного и основного периодов строительства;
- развертывание жилого и коммунально-бытового комплексов в составе основных объектов;
- развертывание производственной базы и складского хозяйства для строительства основных объектов;
- подготовка к производству строительного-монтажных работ.

Работы по пионерному освоению территории осуществляет мобильное формирование, которое включает два основных производственных подразделения. Первое подразделение ведет весь комплекс работ по инженерной подготовке территорий, выполнению организационно-хозяйственных и инженерно-технических мероприятий. Как правило, это подразделение состоит из нескольких участков, специализированных по вышеуказанным направлениям. Второе подразделение осуществляет эксплуатационное обеспечение деятельности мобильного формирования водоснабжением и теплоэнергетикой, транспортом и строительной техникой, связью и складским хозяйством, жилищными и коммунально-бытовыми условиями.

Естественно, что для каждого i -го объекта может быть несколько вариантов пионерного освоения территории будущих объектов. Будем считать, что каждому j -ому варианту соответствует переменная X_{ij} . При этом j -ый вариант является принятым, если $X_{ij} = 1$. В тоже время при $X_{ij} = 0$ рассматриваемый вариант считается не принятым. Следовательно, все возможные варианты по пионерному освоению территории будут связаны выражением вида

$$\sum_{j=1}^l X_{ij} = 1 \quad (1)$$

Очевидно, что из всего набора этих значений только одно переменное будет равно единице, а все остальные будут равны нулю.

По каждому варианту известны следующие исходные данные: суммарный объем работ по пионерному освоению территории V_{ij} , годовые объемы по комплексам работ $V_{ij}^{(\alpha)}$ (подготовка территорий и внеплощадочных трасс будущих основных объектов, площадок баз материально-технического обеспечения, площадок для жилых комплексов строителей, выполнение организационно-хозяйственных и инженерно-технических мероприятий), объемы капитальных вложений K_{ij} , затраты на используемые виды производственных ресурсов $K_{ij}^{(b)}$, годовые затраты по вариантам Q_{ij} . Тогда эти показатели будут равны следующим величинам:

$$\sum_{j=1}^l V_{ij} X_{ij}; \quad \sum_{j=1}^l V_{ij}^{(\alpha)} X_{ij}; \quad (\alpha = 1, 2, \dots, h) \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^l K_{ij} X_{ij}; \quad \sum_{j=1}^l K_{ij}^{(b)} X_{ij}; \quad \sum_{j=1}^l Q_{ij} X_{ij}; \quad (b = 1, 2, \dots, p)$$

Общая постановка задачи описывается следующими соотношениями:

$$f = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Q_{ij} X_{ij} \rightarrow \min \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n V_{ij} X_{ij} \geq V; \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n V_{ij}^{(\alpha)} X_{ij} \geq V^{(\alpha)}, \quad (\alpha = 1, 2, \dots, \delta); \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n V_{ij}^{(\alpha)} X_{ij} \leq V^{(\alpha)}, \quad (\alpha = \delta + 1, \delta + 2, \dots, h); \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n K_{ij} X_{ij} \leq K \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n K_{ij}^{(b)} X_{ij} \geq K^{(b)}, \quad (b = 1, 2, \dots, t); \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n K_{ij}^{(b)} X_{ij} \leq K^{(b)}, \quad (b = t + 1, t + 2, \dots, p); \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^l X_{ij} = 1, \quad (i = 1, 2, \dots, m); \quad (10)$$

$$X_{ij} \geq 0, \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (11)$$

В указанных выражениях символы имеют следующий смысл: V и $V^{(\alpha)}$ – объем работ соответственно суммарный и по отдельным комплексам работ, ограниченный сверху и снизу в зависимости от условий задачи; K – предельный лимит капитальных вложений; $K^{(b)}$ – величина ограничения снизу ($b = 1, 2, \dots, t$) или сверху ($b = t + 1, t + 2, \dots, p$) на затраты по используемым ресурсам.

В этой задаче функционалом является выражение (3), которое необходимо минимизировать. Ограничение (4) описывает требование по обязательному выполнению суммарного объема работ, а выражения (5) и (6) - требования по выполнению отдельных

комплексов работ; соотношения (7), (8) и (9) характеризуют пределы ограничений на капитальные вложения. Очень важным является уравнение (10), утверждающее возможность реализации только одного варианта пионерного освоения территории.

При решении задачи методом целочисленного программирования можно получить оптимальное решение в виде нецелочисленных значений переменных X_{ij} и тогда задача теряет свой экономический смысл. Поэтому при ее решении нужно исходить из условия, что число ограничений мало по сравнению с количеством этапов и комплексов работ и мероприятий по пионерному освоению территории, выполняемых мобильным формированием и тогда число нецелочисленных значений не может превышать $2(h+p+2)$. Кроме того, можно всегда ввести в задачу дополнительные условия, которые позволяют дробные значения X_{ij} перевести в целые и получить, в конечном счете, оптимальное целочисленное решение задачи [13-15].

ВЫВОДЫ

Практика освоения новых территорий и в том числе малоосвоенных и труднодоступных районов подтвердила необходимость активного использования мобильных строительных организаций и их формирований. В тоже время эффективность их деятельности напрямую зависит от сбалансированного развития всей системы подготовки и реализации мобильной деятельности в отрыве от мест постоянной дислокации строительной организации и баз материально-технического обеспечения. В первую очередь это относится к выбору прогрессивных форм и методов организации строительства, режимов труда и отдыха, обеспечению минимальных затрат живого труда на строительных площадках за счет высокой заводской готовности поставляемых технологических комплектов конструкций и блочных устройств. Принципиальной особенностью деятельности мобильных формирований является автономное решение всего комплекса задач жизнеобеспечения, что требует создания для них специальных комплектов жилищно-бытовых модульных зданий и разнообразных мобильных блоков энергоресурсного обеспечения. Особую сложность представляет собой весь аспект накопления и учета производственных и физиологических возможностей работников в различных природно-климатических условиях.

К настоящему времени имеется огромный и уникальный отечественный и зарубежный опыт пионерного освоения территорий и строительства обширной номенклатуры сосредоточенных и линейно-протяженных объектов. Развитие мобильного строительства явилось определенным толчком к качественно новому подходу к проектированию зданий и сооружений. Идеология агрегирования материальных ресурсов в крупные промышленные единицы в заводских цехах, доставка на строительные площадки и последующий их поточный монтаж стала новой технической основой строительства предприятий, зданий и сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Агапкин В.М., Хайтун А.Д.* Вахтовый метод строительства. – М.: Знание, 1990, 61 с.
2. *Борисов Д.В.* Вахтовый метод как особая форма организации трудового процесса: диссертация ученой степени на соискание ученой степени кандидата экономических наук, Москва, 2004, 143 с.
3. Вахтовый метод работы в нефтяной промышленности. // Аналитический журнал «PETROLEUM», 2001, апрель
4. Методические рекомендации по организации вахтового метода работ в строительстве – М., 2007, 53 с.
5. *Олейник П.П., Ширшиков Б.Ф.* Организация строительства объектов мобильными формированиями. М., Изд-во МГСУ, 2008, 422 с.
6. *Киевский Л.В.* Планирование и организация строительства инженерных коммуникаций. М. //Изд-во СВР-АРГУС, 2008, 465 с.
7. *Заренков В.А.* Проблемы развития строительных компаний в условиях российской экономики. // Изд-во Санкт-Петербург, Стройиздат СПб, 1999, 288 с.
8. *Oleinik P., Yurgaytis A.* Optimization Of The Annual Construction Program Solutions // В сборнике: MATEC Web of Conferences, 117, 00130, 2017 <https://doi.org/10.1051/matecconf/201711700130>
9. *Oleinik P., Yurgaytis A.* The Method Of Forming Solutions For Non-Critical Activities In The Preparation And Optimization Of The Construction Complex Organizations' Annual Program // В сборнике: MATEC Web of

- Conferences, 193, 05010, 2018 <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819305010>
10. *Oleinik P., Yurgaytis A.* Modeling Parameters Of The Annual Production Program Of A Construction Organization // В сборнике: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 753, 032077, 2020 <https://doi.org/10.1088/1757-899X/753/3/032077>
 11. *Oleinik P.* Planning as the basis of strategic development of the construction organization // В сборнике: МАТЕС Web of Conferences, 164, 0030, 2020 https://doi.org/10.1051/e3_sconf/202016410030
 12. *Goodpasture John C.* Quantitative methods in project management. Boca Raton: Ross Publishing, 2004
 13. *R. Kazaryan.* The Problem of a Rational Relationship of the General Transport Infrastructure, Proceedings of the XIII International Scientific Conference on Architecture and Construction 2020, LNCE 130, 2021, 33-39
 14. *R. Kazaryan.* The Concept of Development of the Integrated Transport System of the Russian Federation, Transportation Research Procedia, Volume 54, 2021, 602-609
 15. *D. Garanin, N. Lukashevich, S. Efimenko, I. Chernorutsky, S. Barykin, R. Kazaryan, V. Buniak, A. Parfenov.* Reduction of uncertainty using adaptive modeling under stochastic criteria of information content, Frontiers in Applied Mathematics and Statistics, ORIGINAL RESEARCH article, Front. Appl. Math. Stat., 06 January 2023, Sec. Mathematics of Computation and Data Science, Volume 8, 2022 <https://doi.org/10.3389/fams.2022.1092156>

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЛАНИРОВАНИЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА РЕГИОНАЛЬНЫМИ ОПЕРАТОРАМИ

В.В. Глазкова¹, С.Ю. Король²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹GlazkovaVV@mgsu.ru

²korolsvetlana17@mail.ru

Аннотация

На протяжении продолжительного периода процессы капитального ремонта жилищного фонда нашей страны осуществлялись по остаточному принципу в виду стремления минимизации затрат государственного бюджета на них. После нормативных изменений, закрепивших в качестве источника финансирования работ по капитальному ремонту средства собственников помещений в многоквартирных домах, ситуацию удалось изменить к лучшему – у миллионов граждан страны улучшились условия проживания, связанные с исследуемыми процессами. Органами исполнительной власти были организованы подходы к формированию долгосрочных и краткосрочных программ капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов, что также является значительным достижением в этой сфере. Вместе с тем, практика реализации программ и планов капитальных ремонтов показала, что они в обязательном порядке должны основываться на актуальных и достоверных данных о фактическом состоянии жилищного фонда, а одной из актуальных причин неэффективности и необъективности программ капитального ремонта является, как раз, отсутствие этих данных. В связи с этим, в настоящем исследовании предпринята попытка предложить направления, положительным образом влияющие на процессы проведения капитального ремонта в МКД в контексте данной проблемной области, что, в конечном счете, позволяет совершенствовать процессы планирования капитального ремонта.

ВВЕДЕНИЕ

В исторической ретроспективе процессы капитального ремонта общего имущества собственников в многоквартирных домах (далее – МКД) осуществлялись сначала государством за счет бюджетных средств (в эпоху Советского Союза и первые годы становления рыночной экономики России), далее проведением капитального ремонта МКД занимался созданный в 2007 г. Фонд содействия реформирования ЖКХ, и далее, начиная с 2014 г., были внесены изменения в Жилищный Кодекс РФ, согласно которым, собственникам помещений для реализации программ капитального ремонта было предложено два подхода к накоплению денежных средств, которое далее должны расходоваться на реализацию этих программ – накопление денежных средств на специальном счете или на счете регионального оператора. Таким образом, начиная с 2014 г. источником финансирования программ капитального ремонта МКД являются средства собственников помещений дома [2,4].

Практика реализации подхода, принятого в 2014 г., показала, что большинство жителей выбирают второй вариант формирования объемов финансирования для осуществления капитального ремонта – накопление денежных средств на счете регионального оператора. В этой связи в октябре 2014 г. в значительной части регионов РФ сложился общий порядок осуществления капитального ремонта МКД региональными операторами (рисунок 1):

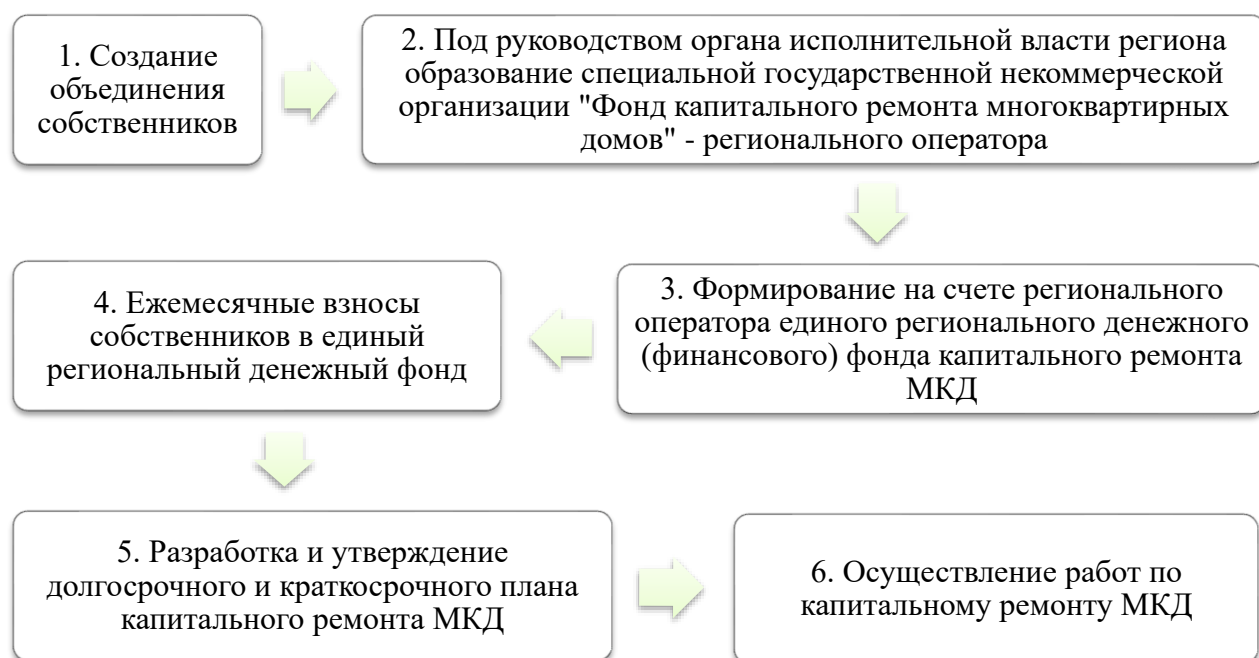


Рис.1. Этапы осуществления капитального ремонта МКД региональными операторами (составлен авторами на основе работы С.К. Удалых [7])

Таким образом, в каждом регионе ответственным за осуществление капитального ремонта назначается региональный оператор, и каждые 3 года субъектами РФ утверждаются краткосрочные планы реализации соответствующих региональных программ. В перечень данных программ входят жилые дома, за исключением признанных аварийными и подлежащими сносу, однако, краткосрочный план капитального ремонта может редактироваться по мере актуальности сведений о состоянии домов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

По оценкам Фонда развития территорий, описанный выше подход к осуществлению капитального ремонта МКД, показал положительные результаты (рисунок 2).



Рис.2. Результирующие показатели проведения капитального ремонта МКД региональными операторами за период с 2014 г. по 1 октября 2023 г. (составлен авторами по материалам Фонда развития территорий [1])

Несмотря на положительные итоги осуществления процессов капитального ремонта в условиях реализации региональных программ, одним из приоритетных направлений в области совершенствования этой работы является наиболее эффективная организация процессов планирования работ, повышающая эффективность их осуществления.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Стоит отметить, что организация и планирование инвестиционного обеспечения капитального ремонта жилых зданий включает в себя экономические, правовые и социальные аспекты, которые связаны с интересами собственников жилых помещений. Несмотря на то, что источником финансирования работ по капитальному ремонту МКД являются средства собственников помещений, в системе формирования планов капитального ремонта региональными операторами одним из непроработанных организационных аспектов остается недостаточный учет требований и предложений собственников помещений в МКД. С другой стороны, формирование планов капитального ремонта МКД не должно основываться исключительно на пожеланиях собственников помещений, а должно, в первую очередь, учитывать состояние этих помещений. Таким образом, для обеспечения эффективных управленческих решений необходимо следовать такому подходу, чтобы заинтересованность жителей МКД совпадала как с финансовой программой капитального ремонта, так и с актуальным состоянием помещений, планируемых для реализации программ капитального ремонта.

Для оценки актуального состояния помещений с целью определения необходимости включения их в программу по капитальному ремонту проводится мониторинг технического состояния МКД. Мониторинг технического состояния МКД включает в себя перечень мероприятий по оценке конструктивных элементов и инженерных коммуникаций, полученных в ходе обследования, для установления экономического обоснования взимаемых средств на капитальный ремонт с собственников помещений МКД.

Мониторинг технического состояния МКД осуществляется в два этапа (рисунок 3).



Рис.3. Этапы мониторинга технического состояния МКД (составлен авторами)

По итогам мониторинга формируется отчет, содержащий исчерпывающую информацию о состоянии объекта и необходимости проведения работ по капитальному ремонту. Однако ошибки в результатах отчета могут привести к тому, что принимаемые в дальнейшем решения о проведении планового капитального ремонта МКД, могут опираться на недостоверные данные [3,5]. В связи с чем, рассмотрим мероприятия, которые могут положительным образом повлиять на повышение надежности проведения оценки технического состояния МКД, тем самым способствуя совершенствованию процессов планирования капитального ремонта региональными операторами.

Во-первых, следует предусмотреть введение специальных систем наблюдения и контроля по определенной программе, которая будет выявлять неисправности и дефекты на ранней стадии для обеспечения безопасного функционирования здания. Использование систем детального мониторинга поможет в сокращении этапов данного процесса для определения необходимости проведения капитального ремонта. Данные системы

предполагают, в том числе, использование технологий искусственного интеллекта, соответственно, в них будет отражаться информация о выполненных или отсутствующих ремонтных работах на конкретном объекте, что обеспечит соответствующие организации и орган исполнительной власти информацией, необходимой для контроля хозяйственной деятельности.

Во-вторых, говоря о технологиях искусственного интеллекта, можно также предложить ввести в систему технического осмотра объекта технологию цифрового двойника объекта, который подберёт необходимые параметры для проведения ремонтных работ силами искусственного интеллекта, а также в режиме реального времени составит смету на проведение этих работ, проведет критический анализ, выявит риски на основе исходных данных, составит прогноз поведения объекта и т.д., что существенным образом усовершенствует систему планирования работ по капитальному ремонту жилых зданий. Кроме того, обработка данных и интерпретация результатов в автоматизированном режиме позволит избежать ошибок в отчетах, а также усилит контроль за качеством подготовки соответствующей документации [6].

ВЫВОДЫ

Таким образом, перечисленные предложения по повышению надежности проведения оценки технического состояния МКД, которые, в свою очередь, способствуют совершенствованию процессов планирования капитального ремонта региональными операторами, не являются исчерпывающими и требуют дальнейшей детализации и методического обоснования в перспективных исследованиях. Однако перечисленные мероприятия формируют направления, положительным образом влияющие на процессы проведения капитального ремонта в МКД, что, в конечном счете, сказывается на повышении комфортности проживания жителей нашей страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная корпорация – Фонд развития территорий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://фрт.рф/napravleniya/kapitalnyu-remont/> (дата обращения: 13.11.2023).
2. Жилищный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 188-ФЗ (ред. от 04.08.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2023). Глава 17 Формирование фондов капитального ремонта региональным оператором. Деятельность регионального оператора по финансированию капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах.
3. *Ким Д.А.* Актуальные проблемы технического обследования зданий, попадающих под зону влияния строительных и реконструкционных работ. // Вопросы науки и образования. 2019. №11 (57). С.26-30.
4. Методические рекомендации по вопросам подготовки и реализации региональной программы капитального ремонта [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://karpinsk.midural.ru/article/show/id/481> (Дата обращения: 04.12.2023)
5. *Петрова И.Ю., Мостовой О.О.* Обзор процесса проведения обследования зданий и сооружений. проблемы и пути решения // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2021. №1 (35). С.70-75.
6. Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года.
7. *Удалых С.К.* Развитие отрасли капитального ремонта многоквартирных жилых домов // Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития. 2015. №8. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-otrasli-kapitalnogo-remonta-mnogokvartirnyh-zhilyh-domov> (дата обращения: 07.12.2023).

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОРГАНИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ИСП

Чжиминь Цзюй¹, Н.А. Солопова²

¹CNNC, China Nuclear Industry Huaxing Construction Co,

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹626437351@mail.ru

²ushanovan@mail.ru

Аннотация

Новые крупномасштабные проекты, возводимые за последние годы в Китае, в основном строятся по договорной модели генерального подряд (EPC). Использование модели EPC в новейших крупномасштабных ИСП, с учётом развития ядерной энергетики и усложнения проектов, приводит к изменению ключевых показателей успеха проекта: задержкам при возведении объекта, срыву плановых сроков строительства, увеличению рисков и общей сметы проекта (перерасходу средств), задержке развитию ядерной энергетики Китая в целом.

Для решения проблем традиционных договорных моделей строительства, таких как EPC, в условиях динамичного развития строительной сферы и с увеличением числа крупномасштабных ИСП, была представлена договорная модель IPD.

Внедрение модели IPD позволяет создать новый механизм управления проектами, который был бы применим на практике с учётом особенностей ядерной энергетики, и позволял снизить общую стоимость проекта, учесть и соблюсти требования к качественным показателям проекта, выполнить плановый срок работ по проекту.

Цель внедрения договорной модели IPD в крупномасштабный проект - быстрые и легко распространяемые инновации для расширения возможностей проектирования и более эффективного управления крупномасштабными проектами.

ВВЕДЕНИЕ

Строительство атомной электростанции (АЭС) классифицируется как крупномасштабный инвестиционный строительный проект, поскольку обладает следующими характеристиками: длительный период реализации проекта, необходимость обеспечения соответствия строгим стандартам безопасности, большой объём инвестиций, длительные сроки окупаемости инвестиций, сложные технические характеристики высшего уровня [1].

Задержка срока реализации проекта приводит к увеличению проектных рисков, росту затрат ресурсов, увеличению затрат проекта, срока окупаемости и другим нежелательным последствиям, снижению экономической эффективности атомной энергетики, что не только подрывает интересы различных участников проекта, включая инвесторов, заказчиков, генеральных подрядчиков, субподрядчиков и других сторон, а также общие интересы проекта, но и негативно влияет на развитие атомной энергетики в целом и связанных с ней производственных цепочек.

Ошибки, небрежность, экономия при строительстве атомной электростанции могут вызывать последующие радиационные аварии, создавая существенный риск для большого количества населения. Выход оборудования на атомной электростанции из строя также существенно тормозит страну-заказчика остановленной электростанции в международной экономической гонке, позволяя странам-конкурентам Китая, таким как США, занимать лидирующие позиции на рынке.

Актуальность темы поддерживается необходимостью реализации новых крупномасштабных ИСП в будущем (включая атомные электростанции) с соблюдением новых требований к эффективности строительства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данной статье применяется подход, включающий теоретические исследования моделей управления проектом, исследования взаимоотношений между сторонами, задействованными в строительстве, обзор и анализ плюсов и минусов различных моделей управления строительным проектом применительно к реализации крупномасштабных ИСП, анализ факторов, влияющих на выбор модели управления при появлении проекта реализации нового объекта.

В данной статье также приводится анализ влияния сферы управления крупномасштабными ИСП на более широкую область управления строительными проектами и сопутствующими крупными инвестициями в целом.

В результате теоретического исследования делается вывод о наиболее оптимальной модели управления строительным проектом для строительства крупномасштабных ИСП.

Управление крупномасштабными ИСП

Крупномасштабные ИСП характеризуются длинными циклами реализации проекта, в ходе которых появляются новые факторы воздействия, в т.ч. неожиданные и не просчитываемые заранее. Это приводит к негативным последствиям: существенным финансовым потерям, увеличению сложности проекта. Основные сложности крупномасштабных ИСП таковы:

- 1) комплексность процессов строительства и сдачи в эксплуатацию строительных объектов;
- 2) сложность организации и управления строительным проектом;
- 3) сложности, возникающие из-за особенностей окружающей среды на строительной площадке.

Ключевые факторы эффективного управления строительными проектами — это своевременные и достаточные инвестиции, удачный подбор подрядчиков и субподрядчиков (и организация их совместной работы), а также взвешенный выбор целей проекта на этапе проектирования. Управление строительными проектами состоит в том, чтобы использовать научные идеи, методы и процедуры, применять передовые методы управления и методы совершенствования управления, осуществлять ряд мероприятий по планированию, организации, координации и контролю проектов инженерного строительства. Задача управления строительными проектами заключается в том, чтобы, выбрав правильную модель управления, создать научно обоснованную систему, надлежащим образом регулировать и корректировать управление, достичь координации, гибкости и эффективности работы по проекту на всех этапах, в каждом цикле реализации проекта.

Модель управления строительным проектом – это схема взаимоотношений между участниками проекта, описывающая зоны ответственности каждого участника и порядок предъявления претензий в суде в случае необходимости. Модель управления строительным проектом предполагает управление проектом как цельной системой, чтобы с помощью организационных и управленческих методов добиться функционирования системы оптимальным образом, и помогать всем участникам проекта добиваться своих целевых показателей (финансовых и иных).

Модель управления атомной электростанцией включает в себя шесть ключевых элементов:

- 1) выбор партнёров, подрядчиков и субподрядчиков для участия в проекте;
- 2) система ответственности заказчика;
- 3) форма контрактов (режим подряда);
- 4) структура организации;
- 5) специализированная служба;
- 6) культура управления.

В соответствии с масштабами и особенностями характеристик проектов по ядерному строительству договор обычно делится на три основные категории:

- 1) режим генерального подряда "под ключ";
- 2) режим многоконтрактного (оптового) подряда на крупномасштабные работы;
- 3) режим подряда с меньшим количеством "островов"/ на меньшую часть "острова" (планировка АЭС подразумевает две зоны. Ядерный остров - это непосредственно ядерная система с реактором, вспомогательное здание, зона обработки топлива, аварийные системы и защитная оболочка. Обычный (турбинный) остров - это паровые турбины, генераторы, конденсаторы, охлаждение и контрольно-измерительное оборудование).

В настоящее время в строительстве используется несколько моделей управления контрактами. Различные модели управления проектами определяют распределение ответственности за строительство, рисков проекта между заказчиками и подрядчиками, и гарантируют заказчику проекта соблюдение условий договора. Проекты атомных электростанций, как крупномасштабные ИСП, делятся на две основные категории:

- модель управления контрактами со стороны заказчика;
- модель управления подрядчиками.

В свою очередь, модель управления подрядчиками делится на:

- модель самоуправления заказчика;
- модель управления, в котором заказчик распоряжается собственноручно.

Подробное сравнение различных моделей управления строительным проектом приведено в табл. 1 [3].

Табл. 1 Сравнение моделей управления строительным проектом

Модель управления	Ответственность заказчика	Риск заказчика	Особенности модели	Преимущества модели	Недостатки модели	Область применения
Модель, разработанная заказчиком	Большая	Большой	Управляемая заказчиком	Заказчики могут контролировать весь процесс реализации проекта	Накладные расходы заказчика на строительство слишком высоки	Небольшие проекты
Модель управления проектом (PM)	Средняя	Средний	Заказчик назначает компанию по управлению проектом для управления проектом	Заказчики могут в полной мере использовать опыт компании по управлению проектами для контроля всех аспектов работы подрядчиков	Выбор руководителя проекта имеет решающее значение	Крупные и сложные проекты
Модель заключения контрактов на управление проектом (PMC)	Маленькая	Средний	Заказчик нанимает подрядчика для управления проектом	Заказчики могут в полной мере использовать навыки управляющего подрядчика для сокращения сроков строительства	Контроль заказчика над строительством затруднён	Совместное предприятие
Модель CM на основе агентов	Маленькая	Большой	Применяется метод поэтапного заключения контракта	Оптимизация проектирования и экономия инвестиций	Трудности с контролем оплаты услуг подрядчиков	Проекты с большим количеством неопределённостей
Модель проектирования и строительства (DBB)	Большая	Большой	В последовательном порядке	Чётко определённые права и обязанности для всех участвующих сторон	Длительный период строительства, которым трудно управлять	Большая нагрузка по управлению на заказчика
Модель проектирования и строительства (DB)	Средняя	Средний	Заказчик выбирает компанию по управлению проектом	Единая ответственность, паушальная цена	Сложно контролировать проектирование	Средние и крупные проекты
Модель "проектирование-закупка-строительство" (EPC)	Маленькая	Маленький	Подрядчик предоставляет заказчику полный спектр услуг	Облегчение управления заказчиком	Высокие риски для подрядчиков	Проекты с высокими требованиями
Модель CM на основе рисков	Средняя	Маленький	CM выступает в качестве консультанта и генерального подрядчика	Снижение инвестиционного риска заказчика	Сложность выбора CM	Проекты с большим количеством неопределённостей
Модель IPD	Маленькая	Маленький	Выгоды и риски распределяются между всеми участвующими сторонами	Улучшение управления и производительности	Мало реализованных на практике примеров применения	Крупные проекты

Анализ классификации различных моделей управления строительством в табл. 1 позволяет сделать вывод о фундаментальном принципиальном различии между контрактами в области распределения ответственности в строительстве, а также в области распределения рисков между заказчиком и подрядчиками. В рамках модели управления контрактами со стороны заказчика, будь то управление со стороны заказчика или самоуправление, ответственность большей частью лежит на заказчике. В модели ЕРС подрядчики, как правило, берут на себя экономические риски, внешние (естественные) риски традиционной модели, и большая часть риска строительства объектов перекладывается на подрядчиков. Из-за фиксированной общей цены на строительство, объём инвестиций заказчика заранее ограничен контрактом и может гарантировать ожидаемые доходы.

Многие модели управления строительством уже сформировались и используются в долгосрочной практике внутри страны и в международной практике, а также в ряде общепризнанных стандартов. По мере развития международного рынка строительства уровень инженерной специализации проектов растёт, а модель управления инженерным процессом развивается на практике, не всегда успевая за новыми требованиями. Заказчики объектов по атомной энергии могут выбрать более оптимальную новую модель, которая позволит максимизировать выгоды, основываясь на стратегии развития этого предприятия, состоянии ресурсов и других внешних факторах, таких как степень специализации на инженерном рынке, соотношение спроса и предложения.

Факторы, влияющие на выбор модели управления ядерным проектом

Выбор модели управления процессом строительства крупномасштабных ИСП ограничивается различными сопутствующими факторами, которые можно отнести к трём группам: субъективным, непосредственным и внешним факторам окружающей среды [5].

(1) Субъективные факторы проекта в основном указывают на то, обладает ли владелец проекта достаточным потенциалом для управления проектами строительства крупномасштабных ИСП. Каждая отрасль имеет свои специфические технические проблемы, особенно в области ядерной энергии. Это в основном связано с особыми техническими проблемами, такими как обеспечение качества, а также с большими инвестициями в проекты АЭС, длительными периодами реализации проекта и большими рисками, что значительно увеличивает сложность управления проектом по ядерной энергетике. В связи с этим некоторые развивающиеся и даже развитые страны, при строительстве первой атомной электростанции, чаще всего применяют модель контрактов с использованием «под ключ» или формируют компанию с поставщиками для управления проектами и передачи технологий. Позже, с накоплением опыта, постепенно увеличивается степень автономного управления вплоть до полной автономии управления.

(2) Непосредственные факторы проекта в основном относятся к источникам финансирования проекта, методу принятия контрактов, условиям контрактной стороны и т.п., непосредственно связанным с проектом. Например, проекты финансируются в основном внутри страны, и ни одна из моделей управления проектами не может быть такой же, как те, которые используются в основном в виде экспортных кредитов или иностранных инвестиций, а также в том виде, в котором контракты заключаются в виде «под ключ», блочных субподрядчиков или нескольких договоров. В то же время выбор модели управления не может быть осуществлен без информации о поле компетентности конкретного подрядчика: например, иногда есть возможность подключить к работе более крупного партнёра, обладающего суммарными возможностями нескольких подрядчиков или компетентностью управляющего подрядчика.

(3) Внешние факторы окружающей среды относятся к национальным экономическим средам, в которых находятся программы ядерной энергии, таким как государственные инвестиционные системы, государственные институты управления активами, корпоративные институты и т.д. Система управления строительными проектами не

изолирована, она тесно связана с внешней средой. Если внешние макроэкономические системы не будут согласованы с проектом, то отдельная модель управления проектом будет дисфункциональна.

Основные принципы выбора модели управления ядерным проектом

Адаптация модели управления проектами к условиям и особенностям проекта и объективным требованиям современного управления проектами имеет важное значение для того, чтобы в полной мере реализовать управленческие функции и, наконец, для достижения целей проекта [56]. Выбор модели управления ядерным проектом требует придерживаться следующих основных принципов:

- 1) интегрированного управления;
- 2) профессионального управления;
- 3) снижения расходов — эффективность по сравнению с правильными принципами;
- 4) которые способствуют национализации ядерной энергии;
- 5) совершенствования объёма обязанностей Заказчика;
- 6) предпочтения локальным моделям управления проектами на местном уровне.

Рассмотрим процесс выбора модели управления проектами на примере строящихся китайских АЭС на базе реактора Hualong One (Хуалун-1, “китайский дракон”). Введены в эксплуатацию три АЭС на основе реактора «Хуалун-1»: Фуцин-5, Фуцин-6 и Фанчэнган-3. Готовятся к запуску ещё 14 проектов на территории Китая и Пакистана.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Технология «Хуалун - 1» является результатом трёх поколений инноваций в области атомной энергии с полностью автономной интеллектуальной собственностью и является основным компонентом развития ядерных электростанций Китая, «национальной визитной карточкой», с которой китайская ядерная электроэнергия выходит на международный рынок, и является значимым итогом развития ядерных электростанций Китая. Для оптимального выбора модели ядерного строительства «Хуалун - 1» Заказчики должны принять во внимание следующие факторы:

- субъективные факторы:

- 1) стратегическое планирование ядерной энергетики для Инвесторов и Заказчиков;
- 2) кадровый резерв заказчика;
- 3) организационные и управленческие возможности заказчиков;
- 4) проектный контроль заказчика;

- объективные факторы:

- 1) нехватка квалифицированных кадров;
- 2) активное развитие ядерной отрасли, нахождение нюансов интеллектуальной собственности в доработке;
- 3) недостаток мощности для производства и строительства;
- 4) выявлены различия и противоречия в интересах участников проекта, нет единой цели.

В совокупности с вышеуказанными факторами, станцией на базе "Хуалун - 1" может быть выбрана модель управления проектом IPD, как показано на рис. 1 [4].

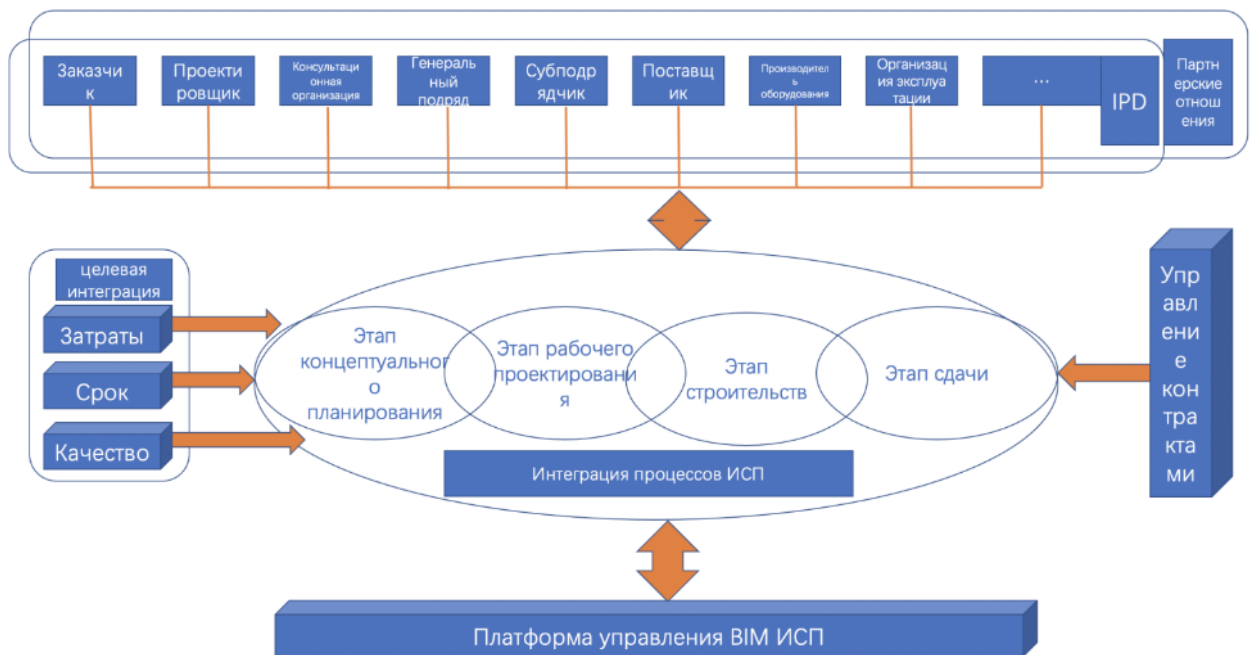


Рис. 1 Модель организационного управления проектом

Высокая сложность комплексной интеграции проектов по ядерному электроснабжению заключается в том, чтобы в полной мере использовать последние результаты современных информационных технологий для достижения всестороннего процесса, всестороннего ориентирования и интегрированного управления крупномасштабными инвестиционными проектами, а также в полной мере интегрировать все соответствующие ресурсы для достижения общей цели всех сторон. Использование концептуальной модели интегрированного управления IPD для управления атомными электростанциями имеет большое значение для внедрения более коротких рабочих часов, предложения более низких цен и достижения оптимального качества проектов [6].

ВЫВОДЫ

Заказчики проектов по ядерному строительству должны уделять большое внимание корректному выбору модели управления ядерным проектом.

Модель управления проектами координирует соблюдение интересов всех сторон, регулирует поведение сторон и обеспечивает бесшовное функционирование различных этапов работы проекта. Выбор подходящей модели развития ядерных проектов, распознавание и анализ потребностей участников каждой ядерной программы благоприятствует координации и регулированию поведения каждой из сторон, с тем чтобы обеспечить успешное осуществление проекта. Модель управления атомными электростанциями определяет общую структуру управления проектом, обязанности, обязательства и распределение рисков партнёров по проектам, в значительной степени определяет способ управления контрактами, влияющий на скорость, качество и стоимость проекта. Когда заказчики проектов по атомной энергии занимаются разработкой модели управления, опираясь на другие модели управления, они выбирают и постепенно совершенствуют собственную модель с учётом уникальных характеристик проекта.

В дальнейшем на основе определения наиболее эффективной модели управления для строительства АЭС видится разумным создать шаблоны договоров между участниками проекта, создать на предприятиях электроэнергетики политику работы по заданным шаблонам, создать методы, принципы и программы для управления контрактами. Этот комплекс мер поможет обеспечить эффективное функционирование новой модели управления.

В настоящее время в Китае применяется несколько моделей управления реализации крупномасштабных проектов, в том числе АЭС охватывает различные способы, такие как

многоконтрактный опт, контракт за вычетом суб-острова и генподряд "под ключ", и в соответствии с этим были сформированы различные модели управления. С дальнейшим развитием реализации атомной электростанции в Китае возникнет множество новых проблем и противоречий, и модель IPD реализации атомной электростанции будет постепенно совершенствоваться и развиваться в процессе решения проблем и противоречий [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Макинтош*. Исследование модели управления ядерным электричеством (магистерская диссертация) Пекин: северный энергетический университет Китая, 2014.
2. AIA, Integrated project delivery: a guide, 2007. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.aia.org>.
3. Zhai дне подразделен. ВПЛ доставк модел теор и прикладн исследован [степен магистр диссертац]. Университет Чанганя (Chang'an University), 2017.
4. BIM-технологии, группа поддержки проекта политики IPD по распределению исследований. Исследования управления технологиями, 2017, 13:196 - 204.
5. Как бы то ни было, у меня есть кое-что для тебя. *Journal of Construction Engineering и Management*, 2013, 139(11): 755-678.
6. Развитие качества сотрудничества между участниками проекта IPD. Учебная газета по строительству и управлению, 2015, 32(4): 1-7.
7. Проект постройки, основанный на модели IPD. Наньчань: университет авиации Наньчань (Nanjing University of Aeronautics and Astronautics), 2018.

КЛЮЧЕВЫЕ ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

П.П. Олейник

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
cniomtp@mail.ru*

Аннотация

Указывается, что эффективность строительного производства непосредственно зависит от уровня концентрации рабочих кадров на объекте и их производительность труда. Отмечается невысокий уровень этих показателей, который практически не изменился в течение последнего десятилетия. Приводятся основные причины такого негативного положения, исправить которое необходимо за счет изменения условий организации труда, широкого применения высокопроизводительной строительной техники, инновационных материалов и технологий производства строительно-монтажных работ. Особо отмечается целесообразность повышения материального стимулирования в строительстве, так как дальнейшее использование дешевой рабочей силы исчерпало себя. Для управления производительностью труда рекомендуется использовать методы математической статистики с построением многофакторных моделей.

Ключевые слова: строительное производство, концентрация рабочих кадров, производительность труда, методы математической статистики, многофакторные модели.

ВВЕДЕНИЕ

Проведение экономической реформы государственного механизма качественно изменили производственные отношения и вынудили строительные организации активно и главное самостоятельно решать весь комплекс стратегических и текущих задач. В результате начался постепенный подъём строительного производства, развитие которого к настоящему времени достигло устойчивого уровня. Основными составляющими интенсивного развития строительного производства явилось применение широкой номенклатуры инновационных материалов, строительных конструкций и объёмных блоков высокой заводской готовности, эффективных транспортно-монтажных средств, прогрессивных форм и методов организации строительства [1,2]. Результаты активизации строительного производства особенно заметны на воспроизводстве жилищного фонда. Но вместе с тем, такие решающие показатели строительного производства как уровень концентрации рабочих кадров на объекте и их производительность труда за этот период существенно не изменились [6,9]. Какие же причины такого положения?

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Одним из трудноустраняемых недостатков является часто встречаемая порочная практика нерационального выделения ресурсов и в первую очередь, финансовых и трудовых. Так, например, особенно в промышленном строительстве, в первый год выделяется финансовых средств в пределах 3-7 % стоимости строительно-монтажных работ, что создает уже на начальной стадии строительства острый ресурсный дефицит. В результате территория строительной площадки осваивается неэффективно без учёта ближайших перспектив строительства, так как предпочтение отдаётся наиболее материалоёмким работам. На основной же период строительства приходится до 90-95% строительно-монтажных работ, что вызывает необходимость увеличения рабочих кадров и параллельного выполнения с основными общестроительными работами устройство инженерных подземных и транспортных коммуникаций. В итоге нарушается календарный план производства работ, срываются сроки открытия фронтов работ для субподрядных организаций, появляется масса непредвиденных работ по перекладке строительных материалов и конструкций мешающих складов, разборке монтажных проёмов, устройству бетонной подготовки и т.д.

Причём особенно «тяжело» становится в год ввода объекта в эксплуатацию. В таких условиях производительность труда рабочих снижается до 30-50%, а себестоимость выполнения строительно-монтажных работ повышается на 10-15%.[7].

Росстат четко отмечает высокий уровень распыления всех видов ресурсов по многочисленным одновременно возводимым объектам. Так, например, за последние годы ежегодно в среднем возводилось 360 тыс. объектов жилого и нежилого назначения, а с учётом объектов транспортного строительства общее число объектов на стадии строительства составляло порядка 450 тысяч. Это значит, что в среднем на одном объекте работало около 4,2 – 5,0 рабочих, включая машинистов и шоферов. [4,8]. Естественно, что при таком уровне концентрации рабочих кадров на объекте даже теоретически невозможно уложиться в нормативную продолжительность строительства.

Не мене важным является и показатель роста производительности труда в строительном производстве. К настоящему времени в России производительность труда существенно уступает аналогичным показателям в ряде стран Европы и США более чем в 2,2-2,6 раза. [3,5]. В течение длительного времени производительность труда остаётся не высокой из-за использования дешевой рабочей силы и слабой организации труда, не эффективной механизации строительно-монтажных работ, не высокой доли применения прогрессивных технологий. Так, например, по данным Минстроя РФ на стройках страны и в жилищно-коммунальном хозяйстве работает в 2023 г. свыше 800 тыс. мигрантов, большинство из которых не имеют необходимой квалификации.

Как известно, уровень производительности труда характеризуется двумя показателями – трудоёмкостью, в виде затрат времени на изготовление единицы продукции, и выработкой, как объема продукции, изготовленной в единицу времени.

Существующие методы измерения производительности труда включают натуральный, стоимостной, нормативный. Так, натуральный метод является наиболее объективным, поскольку выработка фиксируется в натуральных показателях конкретного рабочего или бригады, что позволяет достоверно планировать работу бригады и сопоставлять их производительность труда при различных объёмах работ. Но в тоже время применение этого метода не позволяет вывести обобщающий показатель производительности труда в целом по строительной организации, так как объёмы разных работ измеряются несопоставимыми показателями (т, кв.м, куб.м., пог.м.). В этой связи более универсальным является стоимостной метод, в основе которого заложена оценка выполненных объёмов строительно-монтажных работ по их сметной стоимости. В результате достаточно просто устанавливается обобщающий показатель производительности труда, который может использоваться на всех уровнях управления строительством. Этот метод позволяет сопоставлять совершенно разнохарактерные объёмы работ и анализировать динамику изменения производительности труда. Основным недостатком стоимостного метода заключается в влиянии цен на орудия и предметы труда и материалоёмкость строительно-монтажных работ. Что касается нормативного метода измерения производительности труда, то он характеризуется отношением фактического и нормативного затрат труда и, таким образом, указывает на степень выполнения норм выработки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Дефицит рабочих кадров в строительстве составляет порядка 1,2 млн.чел. Особенно остро он чувствуется в крупных промышленных регионах, в которых нехватка рабочих кадров доходит до 30-50%. В частности в рабочих строительных профессий очень нуждаются г.г. Москва, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Екатеринбург и др. Решение этой проблемы за счёт привлечения иностранных рабочих кадров является только частичным. Обращает на себя внимание очень высокая текучесть кадров, достигающая до 58% (табл.1).

Табл. 1. Движение рабочих строительных организаций

Годы	Движение рабочих, %	
	Принято	Уволено
2005	49,0	51,2
2010	49,0	49,3
2015	43,8	57,3
2016	49,1	58,1
2017	50,5	56,8

Но при этом в 2020-2022 г.г. рост объёмов работ в строительстве составил более 15% и продолжает расти в 2023 г. Только за прошлый год впервые введено 102, 7 млн.кв.м. жилой площади. В тоже время из-за ослабления рубля около 15% рабочих-мигрантов покинули Россию, а порядка 46 тыс. рабочих восстанавливают сегодня разрушенные регионы.

Основным направлением устранения дефицита рабочих кадров является существенное изменение условий организации труда, оснащение строителей высокопроизводительной техникой, массовое применение инновационных материалов и технологий производства работ, а также повышение материального стимулирования и привлечение новых кадров из регионов России, а затем с Белоруссии и Украины. Кроме того, необходимо создать разветвлённую сеть учебных центров для обучения молодых людей строительным профессиям с акцентом на узкопрофильные навыки.

Пополнение линейного персонала (мастеров, прорабов) производится за счёт увеличения подготавливаемых специалистов в НИУ МГСУ и других вузах и переподготовки кадров в соответствующих учебных центрах по специальным комплексным программам.

Как показывает длительная практика для анализа и выявления тенденций в динамике изменения выработки целесообразно использование методов математической статистики, в частности методов корреляции и регрессии. Так, например, при стабильной динамике может использоваться двухфакторная модель, в которой математическое ожидание рассматривается в качестве константы, определяющей некоторый фактор влияния. Такие модели могут представляться несколькими аналитическими функциями простой регрессии. При планировании профессионально-квалификационного состава и численности бригад могут иметь место более сложные уравнения множественной регрессии. Например, при производстве бетонных работ основными влияющими факторами являются – объём работ, численность рабочих, удельный вес ручного труда, наличие неквалифицированных рабочих кадров, величины непроизводственных затрат и внутрисменных простоев. При этом целесообразно весь статистический материал систематизировать по таким группам как производство СМР (объём работ по генподряду и субподряду, уровень специализации), структура работ (по видам общестроительных и специальным работам), организация труда (численность и квалификация рабочих, средняя занятость, текучесть кадров), себестоимость (материалоёмкость, уровень накладных расходов), производственные фонды и оборотные средства (затраты на эксплуатацию машин и механизмов, мощность фондов, нормируемые оборотные средства), оперативное управление (удельный вес внутрисменных и целосменных потерь рабочего времени).

Следует отметить что при построении модели прогнозирования динамики производительности труда предпочтение следует отдавать степенной функции, которая наиболее ближе описывает исследуемый процесс. Для определения коэффициентов

уравнений регрессии используется метод наименьших квадратов в точке экстремума функции. Исключительно ответственным является выбор базисного периода, поскольку его тенденции будут перенесены на перспективный период. Как правило увеличение базисного периода не повышает точность расчёта, поскольку показатели производительности труда очень подвержены влиянию многих факторов. Поэтому элементы рассогласования тенденций базового и прогнозного периодов могут быть снивелированы введением обобщающего коэффициента несоответствия, величина которого по возможности должна стремиться к минимуму. При краткосрочном прогнозировании производительности труда вектор прогноза может быть получен как решение системы уравнений, каждый из которых определяется методами математической статистики. В тоже время при среднесрочном и долгосрочном прогнозировании детальное предсказание отсутствует и поэтому параметры прогноза производительности труда являются более агрегированными.

ВЫВОДЫ

Анализ строительной практики за последние годы и многочисленных публикаций показывает, что развитие строительного производства осуществляется в основном в результате применения широкой номенклатуры инновационных материалов, конструкций и объёмных блоков высокой заводской готовности, эффективных транспортно-монтажных средств, прогрессивных форм и методов организации строительства. Но вместе с тем такие ключевые показатели как уровень концентрации рабочих кадров на объекте и их производительность труда практически не изменяются. При этом увеличение выполненных объёмов работы осуществляется в основном за счёт привлечения дешевой рабочей силы. Однако такой путь экстенсивного развития практически исчерпал себя.

Для изменения сложившейся негативной ситуации необходимы координальные меры по существенной оптимизации условий организации труда, оснащению строителей высокопроизводительной техникой, массовому применению инновационных материалов и технологий производства работ, а также повышению материального стимулированию работников строительной отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бабченко В.В.* Исследования состояния строительной отрасли в Российской Федерации //Гуманитарные научные исследования. 2018. №5(81). 29с.
2. *Белова А.П., Бугрова С.М.* Состояние и перспективы развития отраслей строительного комплекса //В сборнике: Россия и мировое сообщество перед вызовами нестабильности экономических и правовых систем. 2018, С.18-21.
3. *Камалова А.* Вопросы статистического исследования производительности труда в строительстве// Вестник ИжГТУ им.М.Т.Калашникова. 2016. №2(70). С.68-71.
4. *Киевский Л.В., Сергеев А.С.* Градостроительство и производительность труда //Жилищное строительство. 2015. №9. С. 55-59.
5. *Кузьмич Н.Н.* Факторы роста производительности труда как условие обеспечения конкурентоспособности строительного предприятия // Научное обозрение. Сер.1: Экономика и право. 2011. №5. С. 96-102.
6. *Малинина Д.И., Лян СС.* Анализ эффективности трудовых ресурсов в строительстве //Economics. 2015. №6(9), С. 41-45.
7. *Олейник П.П.* Основные тенденции развития организации строительного производства //Строительное производство. 2022. №2. С. 21-26.
8. Российский статистический ежегодник. 19. Строительство. Статистический сборник //Росстат, 2020.
9. *Серов В.М.* Об оценке эффективности и интенсивности труда в строительстве // Экономика строительства. 2010. №2(2). С. 25-30.

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПРОБЛЕМ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Д.Ф. Мухаметзянов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
iamdanielmu@gmail.com

Аннотация

Жилищное строительство занимает важную роль в экономике Российской Федерации, обладает сильным мультипликативным эффектом и вносит непосредственный вклад в создание благоприятных условий жизнедеятельности человека.

Обеспечение граждан доступным и качественным жильем является одной из важнейших задач большинства стран мира, Россия не стала исключением. Данный вопрос занимает особое положение в системе государственной и региональной политики нашей страны, так как обеспеченность населения жильем является одним из основных показателей социально-экономической стабильности государства и затрагивает интересы каждого гражданина.

В статье проведен системный анализ сферы жилищного строительства. Были рассмотрены такие вопросы, как оценка современного состояния, перспективы и пути развития жилищного строительства в Российской Федерации. В результате анализа были выявлены основные проблемы и вызовы, стоящие в данной сфере.

Ключевые слова: жилищное строительство, общая площадь жилья, жилищный фонд, незавершенное строительство, жилищная сфера.

ВВЕДЕНИЕ

Жилищное строительство занимает важную роль в экономике Российской Федерации, обладает сильным мультипликативным эффектом и вносит непосредственный вклад в создание благоприятных условий жизнедеятельности человека.

На развитие сферы жилищного строительства влияет множество факторов, в том числе и слаженное взаимодействие всех основных ее участников: государства, девелоперов, строительных организаций, производственных предприятий и инвесторов.

Обеспечение граждан доступным и качественным жильем является одной из важнейших задач большинства стран мира, Россия не стала исключением. Данный вопрос занимает особое положение в системе государственной и региональной политики нашей страны, так как обеспеченность населения жильем является одним из основных показателей социально-экономической стабильности государства и затрагивает интересы каждого гражданина.

Благодаря вышесказанному, вопрос исследования современного состояния, проблем и перспектив развития сферы жилищного строительства остается весьма ценным и актуальным.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основной информационной базой и материалами исследования в данной статье, стали официальные статистические данные Росстата в сфере жилищного строительства в период 2012-2022 гг., сведения с официального портала Минстроя России, показатели рынка жилищного (ипотечного жилищного) кредитования в России, а также результаты научных исследований отечественных и зарубежных ученых по изучаемой проблеме.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В последние годы в РФ жилищное строительство интенсивно развивается, стимулируя тем самым, развитие смежных с ним отраслей национальной экономики, такие как

производство строительных материалов, машиностроение, химическая промышленность. Основным показателем, характеризующим темпы роста данной сферы, является ввод в действие жилья за год. Так, по данным Росстата [1,2] в 2022 г. на территории РФ было построено 102,7 млн. м² общей площади жилья. Данное значение является рекордным за всю историю нашей страны и равняется 111% к аналогичному периоду прошлого года (см. рис. 1) [3]. Но тем не менее, этого для достижения национальной цели, которая была поставлена в стратегии развития строительной отрасли до 2030 г. недостаточно.

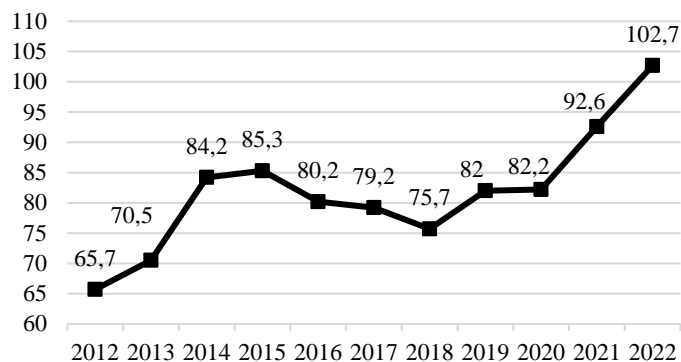


Рис. 1. Динамика строительства жилья в период 2012-2022 гг. (составлено автором по данным Росстата [1])

В 2022 г. во всех федеральных округах РФ отмечается рост объемов жилищного строительства по сравнению с аналогичным периодом прошлого года: в ЦФО на 12,67%, СЗФО на 7,69%, ЮФО на 15,0%, СКФО на 27,66%, ПФО на 6,32%, УФО на 10,39%, СФО на 2,47%, ДФО на 16,13% (табл. 1 составлена автором на основе статистических данных [1,2]).

В пятерку лидеров страны по наибольшему объему строительства жилья за 2022 г. [1,2] входят Московская область, где было введено 14,1 млн. м² жилья (13,2 % от сданной в эксплуатацию общей площади жилья в РФ в целом), Краснодарский край – 7,6 млн. м² (7,4%), город Москва – 6,8 млн. м² (6,6%), Ленинградская область – 4,0 млн. м² (3,9%), город Санкт-Петербург – 3,5 млн. м² (3,4%). Это в свою очередь, позволяет сделать вывод, что наибольшую долю объемов жилищного строительства занимают регионы с высокой численностью населения и более развитой экономикой.

Значительное же снижение объема строительства жилья в 2022 г. по сравнению с аналогичным периодом прошлого года произошло в Тамбовской области – 0,4 млн. м² против 0,8 млн. м², Липецкой области – 0,8 млн. м² против 1,2 млн. м², Белгородской области – 0,8 млн. м² против 1,2 млн. м², Томской области – 0,4 млн. м² против 0,5 млн. м² и Ульяновской области – на 0,7 млн. м² против 0,9 млн. м² [1,2].

Табл. 1. Ввод в действие жилых домов по федеральным округам РФ с 2018 по 2022 год

	2018 год		2019 год		2020 год		2021 год		2022 год	
	млн. м ²	м ² на 1000 человек	млн. м ²	м ² на 1000 человек	млн. м ²	м ² на 1000 человек	млн. м ²	м ² на 1000 человек	млн. м ²	м ² на 1000 человек
ЦФО	23,4	596	25,8	653	25,5	649	29,2	745	32,9	816
СЗФО	9,5	678	9,4	675	9,2	656	10,4	745	11,2	810
ЮФО	9,1	551	9,9	603	10,7	650	12,0	729	13,8	825
СКФО	5,1	361	3,6	407	4,0	402	4,7	473	6,0	586
ПФО	15,2	517	16,2	552	15,8	541	17,4	601	18,5	644
УФО	6,0	483	6,7	545	7,0	563	7,7	623	8,5	689
СФО	6,7	387	7,4	434	7,5	439	8,1	477	8,3	496
ДФО	2,3	277	2,5	307	2,6	314	3,1	384	3,6	450
РФ	75,7	515	82,0	559	82,2	561	92,6	635	102,7	700

Рост общей площади жилья введенных в действие в расчете на 1000 человек с 2012 по 2022 г. составляет 34,43%. Так, за 2022 г. данный показатель в РФ равняется 700 м² на 1000 человек [1,2], что на 9,29% больше, чем за аналогичный период прошлого года. Особенно быстрые темпы роста выявлены в Северо-Кавказском федеральном округе, где за год рост данного показателя составляет 23,89% и в Дальневосточном федеральном округе – 17,19% (см. рис. 2).

Наибольшие площади построенного жилья на 1000 человек населения отмечены в Ленинградской области – 1970 м², Московской области – 1645 м², Тюменской области – 1399 м², Чеченской Республике – 1323 м² и Краснодарском крае – 1303 м². Наименьшие же площади – менее 100 м² выделены в Чукотском автономном округе и Магаданской области.

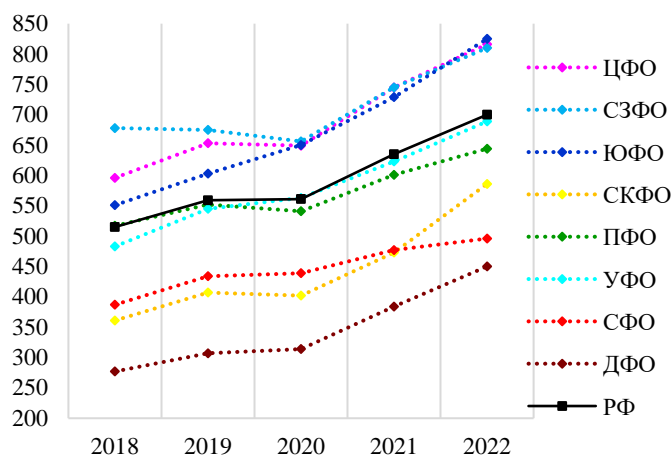


Рис. 2. Динамика площади построенного жилья по федеральным округам РФ на 1000 человек населения (составлено автором по данным Росстата [1])

Общая площадь жилищного фонда в 2022 г. достигла 4132 млн. м² [1,2], рост с 2012 г. составил 18,95% (см. рис. 3). Проблема своевременного обновления жилищного фонда за счет проведения ремонтных мероприятий остается по прежнему актуальной и требует реализации методов решения, так как большую часть жизненного цикла жилья занимает период эксплуатации, что подтверждается результатами исследования ряда отечественных ученых [4,5,6,7,8,9]. Доля аварийного жилья на конец 2021 г. значителен 0,5% от общей площади жилищного фонда.

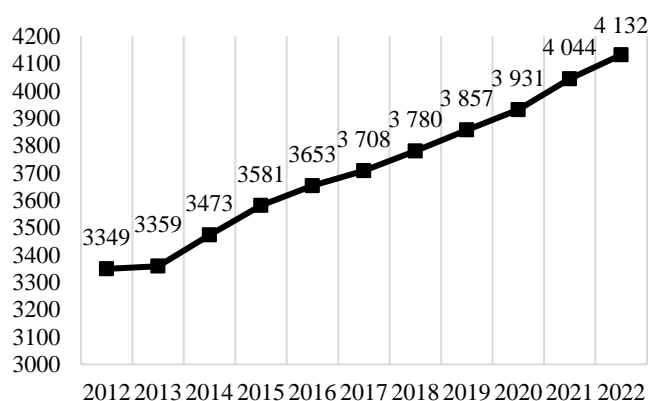


Рис. 3. Динамика роста жилищного фонда в период 2012-2022 гг. (составлено автором по данным Росстата [1])

Инвестиции в жилищное строительство за 2022 год были произведены на сумму 3382,0 млрд рублей, что составили 12,1% от общего объема инвестиций в основной капитал [1,2,9]. Если сравнивать с аналогичным прошлогодним периодом, то доля этих инвестиций снизилась с 12,9 %.

Благодаря государственной поддержке жилищного строительства из федерального бюджета, в 2022 г. было введено 295,4 тыс. м² общей площади жилых помещений. Доля построенного жилья с использованием этого источника финансирования составил 0,3% [1,2,9]. А объемы жилищного строительства за счет средств бюджетов субъектов РФ и местных бюджетов увеличились на 14,8% по сравнению с 2020 г. и составили 773,8 тыс. м² [1,2,9].

Необходимо обратить внимание на значимый рост средней стоимости жилья, который в свою очередь может негативно повлиять на показатель доступности. Так средняя стоимость на первичном рынке в 2022 г. [9] составила 122,3 тыс. рублей за 1 м², что на 23,6% больше, чем за аналогичный период 2021 г. На вторичном рост средней цены зафиксирован 23,08%, при показателе 94,4 тыс. рублей за 1 м². Все это обусловлено увеличением средней фактической стоимости строительства 1 м² общей площади жилья с 2012 по 2021 г. на 25,9 %, которая в свою очередь связана с постоянным удорожанием строительных материалов и конструкций. Если рассчитать коэффициент доступности жилья (срок, за который семья из 3 человек может накопить на квартиру площадью 54 м²), то на первичном рынке жилья он равняется 4,16 лет, а на вторичном – 3,27 лет [9].

Важно отметить, что стимулирование спроса на жилье обеспечивается активным развитием рынка ипотечного кредитования. Акционерное общество «ДОМ.РФ» сыграло особую роль в данном вопросе, что привело к увеличению конкуренции между банками и улучшению ситуации с доступностью кредитов для населения.

В целях обеспечения комфортным и доступным жильем граждан со средним уровнем дохода, в том числе с использованием ипотечного кредита продолжают действовать меры государственной поддержки, к ним можно отнести НП «Жилье и городская среда», который включает в себя несколько федеральных проектов [10], и ГП «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации» (см. рис. 4). Однако опыт реализации данных программ показал возможность нарушения баланса спроса и предложения, а также снижения объемов строящегося жилья или уменьшения его доступности [3]. Для решения данной проблемы, в стратегии развития строительной отрасли до 2030 года предлагается распределить субъекты РФ по основным пяти кластерам рынка жилья.



Рис. 4. Меры государственной поддержки жилищного строительства (составлено автором по данным Минстроя России [10])

Резерв ввода в действие жилых домов сосредоточен в незавершенном строительстве. Так на конец 2022 г. общее число незавершенного строительства жилья достигло 8,9 тысяч, что на 13,48% больше, чем годом ранее (см. табл. 2). А общая площадь составила 54,7 млн. м² [1,2] из которых 2,0 млн. м² приостановлены или законсервированы.

Табл. 2. Статистические данные в РФ незавершенного строительства жилых домов в период с 2012 по 2022 год

Год	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Общее число незавершенного строительства жилых домов, тысяч	10,2	9,1	9,1	7,7	7,1	6,3	7,9	7,5	7,8	7,7	8,9
Общая площадь жилых домов, находящихся в незавершенном строительстве, млн. м ²	29,5	33,7	36,2	34,7	37,3	37,5	52,9	46,5	48,2	51,2	54,7

ВЫВОДЫ

Таким образом, системный анализ современного состояния жилищного строительства позволил выявить нижеследующие проблемы.

Во-первых, несмотря на то, что жилищное строительство в настоящее время в России переживает активный рост, по-прежнему остается около 60% граждан, которые хотят улучшить свои жилищные условия, однако они ограничены финансовыми возможностями и инструментами для приобретения жилья. А отсутствие повышения реальных зарплаток населения лишь усугубляет данную проблему. Кроме того, стоит заметить, что большинство жилья не соответствуют запросам граждан в отношении комфорта, экологичности и безопасности.

Во-вторых, проблемы отсутствия свободных участков в центральных районах городов и поселений, а также трудности с изъятием неэффективно используемых земельных участков, где возможно жилищное строительство, остаются по-прежнему актуальными.

В-третьих, в застроенных районах отсутствуют резервы мощностей для нового строительства, а на вновь застраиваемых территориях полностью отсутствуют коммуникации.

В-четвертых, для достижения национальной цели по обеспечению в 2021-2030 гг. 1 млрд. м² жилья необходимо жилищное строительство не менее чем 120 млн. м² в год. Сейчас же, согласно данным Росстата, за 2021 г. было построено 92,6 млн. м², а за 2022 г. – 102,7 млн. м², что, несмотря на позитивную динамику, недостаточно для достижения цели.

Проблемы есть, но стоит отметить, что правительство РФ активно работает над их решением и осуществляет определенные меры, позволяющие стимулировать рост жилищного строительства и обеспечение доступности комфортного жилья для населения. Так самыми перспективными направлениями являются: улучшение инфраструктуры, развитие государственных программ поддержки, цифровизация и использование в строительстве ТИМ, а также развитие жилищного строительства в сельских поселениях. Но в условиях геополитической напряженности, беспрецедентных западных санкций, нестабильного курса рубля, существующих мер недостаточно. Необходима разработка и внедрение новых подходов государственного регулирования, которые позволили бы преодолеть все вызовы и трудности, стоящие перед строительной отраслью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный портал Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс <https://rosstat.gov.ru>]. Дата обращения 18.11.2023.
2. Строительство в России. 2022: Стат. сб. / Росстат. - М., С863 2022. – 148 с.
3. Распоряжение Правительства Российской Федерации №3268-р от 31 октября 2022 года.
4. Асаул А. Экономика недвижимости: Учебник для вузов. 3-е изд. Стандарт третьего поколения. – СПб.: Питер, 2013. – 416 с.
5. Асаул, А.Н. Теория и практика управления и развития имущественных комплексов [Электронный ресурс] / А.Н. Асаул, Х.С. Абаев, Ю.А. Молчанов. – СПб. : Гуманистика, 2006. – 250 с.
6. Маховикова Г.А. Экономика недвижимости: учебное пособие / Г.А. Маховикова, Т.Г. Касьяненко. –М. : КНОРУС, 2009. – 304 с.
7. Мурзин А. Д. Недвижимость: экономика, оценка и девелопмент: учебное пособие / А.Д. Мурзин. – Ростов

- на Дону: Феникс, 2013. – 382 с.
8. *Вильданов, Р. А.* Актуальность разработки методов осуществления функций государственного строительного надзора в жилищном строительстве при риск-ориентированном подходе / Р. А. Вильданов, Т. К. Кузьмина // *Строительное производство*. – 2020. – № 2. – С. 144-149.
 9. Сведения о рынке жилищного (ипотечного жилищного) кредитования в России. Статистический сборник №10 (2018-2022) (интернет-версия).
 10. Официальный портал Минстроя [Электронный ресурс <https://minstroyrf.gov.ru>]. Дата обращения 18.11.2023.

ИНВЕСТИЦИИ В НЕДВИЖИМОСТЬ КАК СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ КАПИТАЛА

В.Л. Михайлова

*ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», 305040, Курская область, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94,
v.mikhailova777@mail.ru*

Аннотация

В данной статье рассматривается изучение роли инвестирования в недвижимость в процессе увеличения капитала. В статье проводится анализ основных преимуществ и рисков данного типа инвестиций. Обсуждаются различные стратегии инвестирования в недвижимость, включая покупку и аренду недвижимости, управление апартаментами и коммерческими объектами. Также освещаются вопросы финансирования инвестиций в недвижимость и налогообложения. В результате исследования подчеркивается, что инвестирование в недвижимость может быть эффективным способом увеличения капитала при правильном подходе и управлении рисками.

ВВЕДЕНИЕ

Инвестиции в недвижимость являются одним из наиболее надежных и выгодных способов размещения капитала. Недвижимость является не только жильем, но и объектом коммерческой деятельности, что предоставляет широкие возможности для получения дохода и роста инвестиций.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ литературных источников, изучение академических книг, статей и исследований, посвященных инвестиционной деятельности, финансовому рынку и недвижимости. Также данные получены через статистические отчеты, исследования рынка недвижимости и другие источники, которые предоставляют информацию о инвестициях в недвижимость.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Инвестирование в недвижимость – это покупка недвижимости с целью получения прибыли от ее использования или продажи. Вложение средств в недвижимость предоставляет возможность получать доход в виде арендной платы от сдачи объекта в аренду или прибыли от последующей продажи. Инвестиции в недвижимость могут быть долгосрочными или краткосрочными. Кроме того, инвестор может выбрать различные виды недвижимости для инвестиций, такие как коммерческая, жилая или промышленная. Инвестирование в недвижимость является одним из наиболее популярных способов инвестирования, так как недвижимость считается стабильным и надежным активом с потенциалом роста стоимости [4].

Преимущества инвестирования в недвижимость [3]:

Во-первых, недвижимость – это реальное имущество, которое всегда будет востребовано. Независимо от экономической ситуации, люди всегда будут нуждаться в жилье. Приобретение недвижимости позволяет не только решить проблему собственного жилья, но и получить стабильный и постоянный доход в виде арендных платежей. Это особенно актуально в городах с высоким спросом на арендное жилье.

Во-вторых, недвижимость является активом, который со временем только удорожает. В отличие от других форм инвестиций, таких как акции или облигации, стоимость недвижимости с годами только возрастает. Например, вы купили квартиру в новостройке за определенную сумму, через несколько лет ее цена могла увеличиться значительно. Таким образом, инвестиции в недвижимость дают возможность получить прибыль от ее роста в стоимости.

В-третьих, недвижимость является отличной формой диверсификации портфеля инвестора. Вложение средств в недвижимость позволяет снизить риски и сбалансировать портфель. В случае неудачи с другими инвестициями, вы по-прежнему можете полагаться на доход от аренды или продажу недвижимости, что обеспечит вам финансовую стабильность.

Наконец, инвестиции в недвижимость дают возможность получать налоговые льготы. Многие страны предоставляют налоговые льготы для инвесторов в недвижимость, такие как снижение налоговых ставок или государственные программы поддержки. Это дополнительный стимул для инвестирования в недвижимость.

Конечно, инвестиции в недвижимость требуют определенных знаний и опыта. Чтобы сделать правильный выбор и получить максимальную выгоду, стоит обращаться к профессиональным консультантам или агентам недвижимости, которые помогут вам сделать осознанный выбор и избежать возможных рисков [6].

Инвестирование в недвижимость является одним из наиболее надежных способов увеличения капитала. В период экономического кризиса, когда рынок недвижимости подвержен значительным изменениям, особенно важно иметь четкую стратегию инвестирования, которая представлена ниже[2]:

Сначала необходимо проанализировать текущее состояние рынка недвижимости. В период кризиса спрос на покупку жилья обычно снижается, что приводит к увеличению предложения на рынке. Одновременно, спрос на аренду жилья может возрасти, так как люди предпочитают арендовать жилье вместо его покупки в условиях нестабильности.

Для инвесторов это открывает новые возможности. Во-первых, стимулируется спрос на объекты недвижимости по более низким ценам, что делает их более доступными для инвестиций. Во-вторых, инвесторы могут получать стабильный доход от аренды недвижимости, что делает инвестиции более предпочтительными в условиях неопределенности на рынке.

Однако успешное инвестирование в недвижимость в период кризиса требует тщательного анализа рынка и профессионального управления инвестициями. Инвесторам следует обратить внимание на различные стратегии, которые могут помочь им добиться успеха.

Одной из таких стратегий может быть диверсификация портфеля недвижимости. Инвесторы могут рассмотреть возможность инвестирования в различные типы недвижимости, такие как жилые дома, коммерческая недвижимость или земельные участки, чтобы уменьшить риски и обеспечить стабильный доход.

Также важно учитывать макроэкономические факторы при принятии решений об инвестировании. Изучение тенденций рынка, прогнозирование изменений в экономике и политике поможет инвесторам принимать обоснованные решения и избегать потенциальных рисков [1].

Таким образом, инвестирование в недвижимость может быть эффективным способом увеличения капитала в период экономического кризиса. Однако для успешных инвестиций необходимо иметь четкую стратегию, основанную на анализе рынка и профессиональном управлении инвестициями.

Инвестирование в недвижимость может быть выгодным способом увеличения капитала, однако оно также сопряжено с определенными рисками. В период экономического кризиса эти риски могут быть особенно высокими, поэтому важно тщательно анализировать ситуацию на рынке и принимать обоснованные решения.

Рассмотрим основные риски инвестирования в недвижимость [5]:

Один из основных рисков инвестирования в недвижимость - это рыночный риск. В период экономического спада цены на недвижимость могут снижаться, что может привести к убыткам для инвесторов. Поэтому важно изучать тенденции рынка и диверсифицировать портфель недвижимости, чтобы снизить риски.

Еще одним риском является кредитный риск. Инвесторы, использующие заемные средства для покупки недвижимости, могут столкнуться с проблемами, если не смогут погасить кредит в случае снижения стоимости недвижимости или ухудшения финансовой ситуации.

Также стоит учитывать операционные риски, связанные с управлением недвижимостью. Это может включать в себя проблемы с арендаторами, обслуживанием объектов и прочее. Для снижения этих рисков важно профессиональное управление инвестициями и тщательный отбор объектов для инвестирования.

Кроме того, политические и макроэкономические риски также могут повлиять на инвестиции в недвижимость. Изменения законодательства, налоговая политика или геополитическая обстановка могут оказать влияние на рынок недвижимости и привести к потере капитала.

В целом, инвестирование в недвижимость в период экономического кризиса может быть эффективным способом увеличения капитала, но требует тщательного анализа, профессионального управления и учета всех возможных рисков.

Инвестирование в недвижимость может быть выгодным и стабильным источником дохода. Однако, как и любой другой вид инвестирования, оно сопряжено с рисками. Чтобы минимизировать эти риски и обеспечить максимальную прибыльность, необходимо соблюдать ряд рекомендаций [7]:

1. Тщательный анализ: Перед инвестированием в недвижимость, необходимо провести всесторонний анализ объекта. Оцените потенциал роста стоимости недвижимости в данном районе, изучите планы инфраструктурного развития и оцените спрос на аренду на данном рынке. Используйте профессиональные услуги оценщиков и консультантов, чтобы обеспечить объективную оценку объекта.

2. Размышление о диверсификации: Разнообразие в вашем портфеле недвижимости поможет снизить риски. Инвестируйте в разные типы недвижимости (квартиры, офисные помещения, промышленные здания и т.д.), а также в разные географические регионы. Таким образом, вы сможете защитить себя от событий, которые могут повлиять только на одно конкретное место или сектор.

3. Финансовая устойчивость: Прежде чем вкладывать средства в недвижимость, убедитесь, что у вас есть достаточные финансовые резервы для покрытия непредвиденных расходов или потерь дохода. Не забывайте также о возможности процентных ставок по кредитам и своей платежеспособности в случае обострения экономической ситуации.

4. Грамотные договоры и юридическая поддержка: Сотрудничайте с опытными юристами и адвокатами, чтобы разработать юридически обоснованные договоры аренды и другие соглашения. Это поможет защитить ваши интересы в случае споров или конфликтов с арендаторами или другими сторонами.

5. Активное управление объектами: Правильное управление недвижимостью может снизить риски и обеспечить стабильный доход. Обращайтесь к профессиональным управляющим компаниям, чтобы обеспечить качественное обслуживание объектов недвижимости, своевременный ремонт и поддержание безопасности. Это также поможет уменьшить время простоя и потери дохода.

6. Страхование: Рассмотрите возможность приобретения страхования на случай повреждения объекта, убытков от затопления, пожара и других рисков. Это поможет вам минимизировать финансовые потери и уберечь вас от неожиданных затрат.

Учитывая эти рекомендации можно снизить риски инвестирования в недвижимость. В целом, инвестирование в недвижимость может быть выгодным и стабильным источником дохода, но требует тщательного анализа и управления рисками. Следуя рекомендациям, можно снизить риски и обеспечить максимальную прибыльность.

ВЫВОДЫ

Таким образом, инвестиции в недвижимость представляют собой привлекательный способ увеличения капитала, который обладает рядом преимуществ. Они позволяют получить реальное имущество, которое всегда будет востребовано, а также имеют высокий потенциал для роста в стоимости. Кроме того, инвестиции в недвижимость позволяют диверсифицировать портфель и получать налоговые выгоды. Однако инвестиции в недвижимость давно считаются одним из наиболее надежных способов увеличения капитала. Недвижимость является стабильным и надежным активом, который обладает потенциалом для роста стоимости и генерации постоянного дохода. В период экономического кризиса инвестирование в недвижимость может быть эффективным способом увеличения капитала, особенно при правильной стратегии. Снижение цен на недвижимость открывает новые возможности для инвесторов, такие как приобретение объектов по более низким ценам и получение стабильного дохода от аренды. Однако успешные инвестиции требуют тщательного анализа рынка, профессионального управления инвестициями и учета макроэкономических факторов. Диверсификация портфеля недвижимости и изучение тенденций рынка помогут инвесторам снизить риски и принимать обоснованные решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гранкин В.Ф. Стратегия развития сельского хозяйства курской области в центрально-черноземном регионе/диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук //Уральский государственный аграрный университет. Екатеринбург, 2001
2. Гранкин В.Ф., Гранкин Л.И. Состояние машиностроительного сектора и обеспеченность сельских товаропроизводителей машинами и механизмами/ //Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2008. № 4. С. 47-49.
3. Гранкин В.Ф., Пронская О.Н. Теория организации производства//Крячков И.Т.,(учебное пособие) / Курск, 2010.
4. Гранкин В.Ф., Удовикова А.А., Марченкова И.Н.Вестник. Инновационный подход к росту конкурентных преимуществ предприятия // Курской государственной сельскохозяйственной академии.// 2018. № 4. С. 167-173.
5. Гранкин В.Ф., Цемба Н.М. Стратегия управления продовольственными ресурсами//Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 8. С. 34-36.
6. Гровер.Р., Соловьев М.М. Управление недвижимостью/ 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 347 с.
7. Салтык И.П., Гранкин В.Ф. Стимулирование аграрного труда: прошлый опыт и современные проблемы//Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 1. С. 11-12.

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ ПОЛНОГО ЦИКЛА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Е.А. Баутин

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
evgeniybautin@mail.ru*

Аннотация

В статье рассмотрены проблемные вопросы деятельности современных проектных организаций, находящихся в условиях жесткой конкуренции на рынке проектных услуг. В качестве основной предпосылки исследования принята «многопрофильность» этих организаций, выполняющих проектирование всех видов объектов промышленного и гражданского назначения, которая определяет специфику управления процессами проектирования. Исследована стадийность проектирования, определена значимость предпроектной стадии проектирования (Эскизный проект), предложены направления повышения эффективности управления в проектных организациях полного цикла.

ВВЕДЕНИЕ

В 2023 году объем строительно–монтажных работ, произведенных в РФ, вырос на 8% в сопоставимых ценах по отношению к предыдущему году, и достиг 13,9 трлн. руб. [1]. При этом на выполнении различных работ в инвестиционно- строительной сфере занято в настоящее время 10,1 млн. человек. При решении задач по реализации инвестиционно-строительных проектов, проектные организации выполняют роль «связующего звена» в современном строительстве, начиная с формирования инвестиционных намерений, разработки проектной и рабочей документации, определяя стоимость реализации проекта и заканчивая сопровождением возведения объектов.

Целью проведенного анализа стало выявление новых возможностей обеспечения эффективности управления в проектных организациях и определение направлений их реализации, локализующихся в области организации управления проектными организациями.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование, проводилось на основе материалов, связанных с деятельностью проектных организаций, выполняющих разработку проектной документации для объектов промышленного и гражданского строительства.

Общеизвестно, что современные проектные организации могут быть классифицированы по виду выполняемых комплексов работ:

- Проектные организации полного цикла (Генеральный проектировщик), осуществляющие весь комплекс работ по проектированию объектов;
- Инжиниринговые организации, обеспечивающие комплексную разработку сетей инженерно-технического обеспечения;
- Специализированные проектные организации узкой направленности (разработка технологических решений, проектов организации строительства и т.д.);
- Консалтинговые организации, оказывающие широкий спектр услуг по предварительной подготовке проекта (подготовка экономического обоснования проекта, выполнение функций Технического заказчика, сбор исходно-разрешительной документации и т.д.).

Консалтинговые организации привлекаются Заказчиком при реализации крупных инвестиционно-строительных проектов, требующих комплексного управления и контроля технических и экономических решений на каждой стадии реализации проекта [2].

В соответствии с представленными выше типами проектных организаций, учитывая необходимость обеспечения комплексного подхода в решении задач по разработке проектной документации, объектом исследования была принята проектная организация полного цикла, осуществляющая свою деятельность в области архитектурного и инженерно-технического проектирования.

В исследовании была использована следующая схема, на которой представлена структура взаимодействия организаций при условии привлечения Заказчиком консалтинговой организации (Технического заказчика).

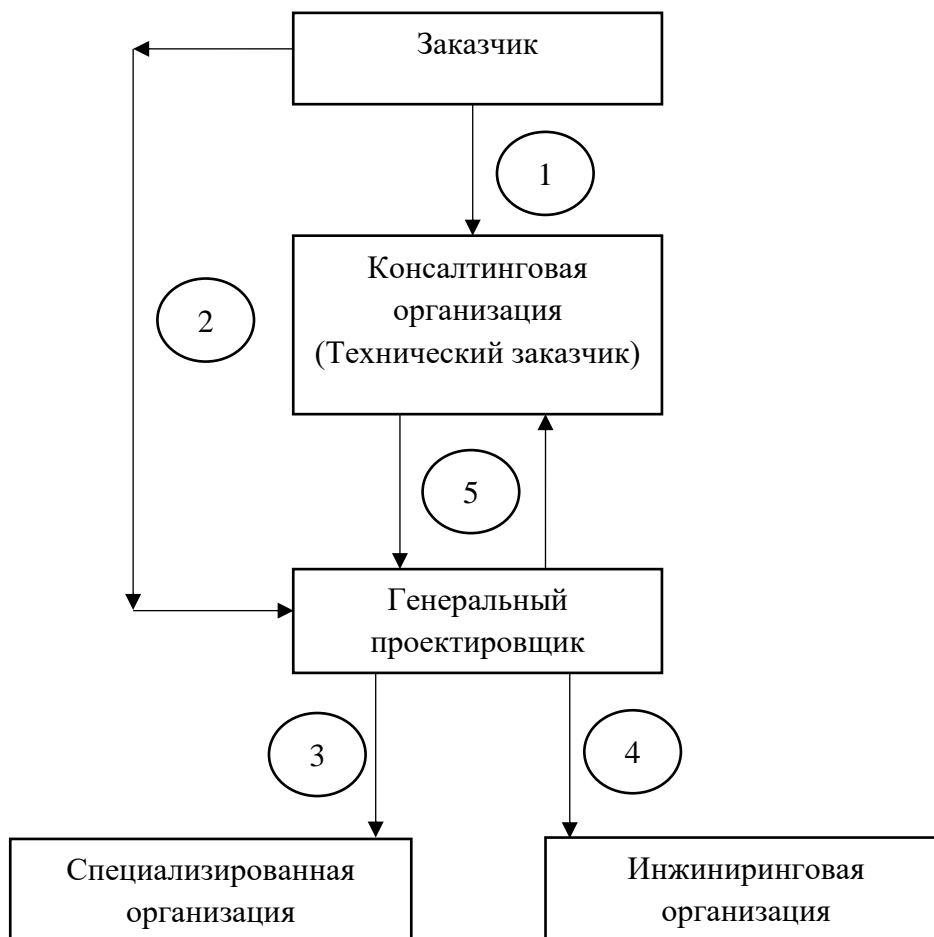


Рис. 1. Взаимодействие организаций при разработке проектной документации крупных инвестиционно-строительных проектов.

В качестве исходных материалов исследования были рассмотрены содержание и процессы формирования документов, которые осуществляются на соответствующих этапах взаимодействия проектных организаций различных типов, осуществляющих взаимодействие (в соответствии с Рис. 1):

1. Заключение договора на выполнение функций Технического заказчика;
2. Заключение договора на выполнение проектно-изыскательских работ (техническое задание к договору подготавливает Технический заказчик);
3. Выдача заданий на разработку профильных разделов (технологических решений и пр.);
4. Выдача заданий на разработку инженерных систем;
5. Взаимодействие Технического заказчика и Генерального проектировщика (подготовка и анализ исходно-разрешительной документации, утверждение принципиальных проектных решений, проверка итоговой проектной документации перед выдачей Заказчику).

При этом также учитывалось, что в целом ряде случаев на практике функции Технического заказчика выполняет Генеральный проектировщик.

В настоящее время, современные проектные организации полного цикла, находясь в условиях жесткой конкуренции на рынке проектных услуг, чаще всего являются «многопрофильными» организациями, которые выполняют проектные работы по всем типам объектов промышленного и гражданского назначения (жилые, общественные, промышленные). В ответ на вызовы, обусловленные действием внешних факторов, усиливается рост количества управленческих (в т.ч. финансово-экономических и кадровых) проблемных вопросов, требующих анализа.

Для формирования предложений по совершенствованию управления организациями полного цикла, применялись методы статистического и сравнительного анализов, экспертные оценки специалистов в сфере проектирования по вопросам управления проектной деятельностью в условиях проектирования объектов различного функционального назначения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В соответствии с действующими документами [3,4], в настоящее время официально определено только две стадии проектирования- Проектная и Рабочая документации. Однако, на практике, требуется более детальная подготовка к разработке проекта, максимально учитывающая все возможные существенные условия проектирования (градостроительные регламенты, наличие неблагоприятных природных процессов на территории строительства, обеспечение объекта сетями инженерно-технического обеспечения и т.д.), такими стадиями являются технико-экономическое обоснование и Эскизный проект. Такая последовательность стадий проектирования от начального обоснования до разработки рабочей документации и авторского надзора за строительством (ТЭО-ЭП-ПД-РД-АН) позволяет нивелировать возможные риски сторонних факторов.

В ГОСТ Р 57363-2016 «Управление проектом в строительстве. Деятельность управляющего проектом (технического заказчика)» [5] указано, что управление проектом в строительстве — это деятельность, направленная на достижение целей и задач инвестиционно-строительного проекта, начиная с формирования инвестиционных намерений, выбора земельных участков, инженерных изысканий, предпроектной и проектной подготовки строительства и заканчивая строительством или реконструкцией объектов, последующей сдачей-приемкой их в эксплуатацию. Рассмотрим стадии проектирования, отвечающие задачам деятельности по управлению проектом:

Стадия ТЭО (технико-экономическое обоснование)- формирование инвестиционных намерений.

Стадия ЭП (эскизный проект, концептуальный проект)- предпроектная подготовка.

Стадия ПД (проектная документация) и РД (рабочая документация)- проектная подготовки строительства.

Стадия АН (авторский надзор)- сопровождение строительства.

Представленная последовательность разработки проектной документации (ТЭО-ЭП-ПД-РД-АН) в полной мере соответствует задачам проектных организаций по сопровождению инвестиционно-строительных проектов.

Отдельно, в ГОСТе Р 57363-2016 [5] указано, что основными составляющими для определения состава работ проекта в строительстве являются предпроектные проработки (концептуальный проект), обоснованный выбор земельного участка, условия и ограничения территориального планирования, наличие инженерной инфраструктуры, грунтовые и прочие условия, которые могут существенно повлиять на стоимость и сроки реализации проекта. Предварительный анализ объекта проектирования позволит руководству проектной организации определить основные условия проектирования- сроки и стоимость работ, определить основные риски при проектировании объекта. В связи с этим, при планировании работ, важнейшую роль занимает предпроектная стадия проектирования [6] - Эскизный проект.

Наличие в портфеле заказов объектов различного функционального назначения требует от руководства проектной организации комплексного подхода по управлению организацией с учетом специфики проектируемых объектов.

Опрос руководства проектных организаций, проведенный автором, показал, что при выполнении проектных работ по различным типам объектов, управление проектом, в основном, основывается на опыте своих сотрудников, выполнявших подобные объекты в прошлом. Данный подход повышает риски проектной деятельности, т.к. повышается зависимость от штатного персонала организации [7].

Планирование проектной деятельности зависит от множества факторов, главные из которых стадийность проектирования и функциональное назначение объектов капитального строительства. Системный подход в планировании проектной деятельности при проектировании объектов различного функционального назначения, основанный на анализе ключевых показателей проектируемых объектов позволит сформировать оптимальный перечень необходимых ресурсов (кадровых, финансовых и временных), что однозначно положительно отразится на устойчивости функционирования проектных организаций полного цикла.

ВЫВОДЫ

Ввиду высокого уровня неопределенности, который определяется характером проектной деятельности, связанной с необходимостью учитывать градостроительные ограничения, природные и инфраструктурные факторы (анализ исходных данных для проектирования), разработка стадии Эскизный проект (ЭП) является крайне важным этапом проектирования.

При проектировании объектов промышленного и гражданского строительства различного функционального назначения, представляется актуальным рассмотреть системный подход, основанный на ключевых показателях проектируемых объектов, который позволит выполнить меры по оптимизации ресурсов при разработке проектной документации схожих по функциональному назначению объектах, т.е. сформировать объектно-ориентированный подход в проектировании.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Федеральная служба государственной статистики» [Электронный ресурс]: офиц. сайт. («Строительство») URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/14458/> (дата обращения 27.11.2023).
2. Талапов В. Роль технического заказчика в организации процесса информационного моделирования // САПР и графика. – 2019. – № 11(277). – С. 4-12.
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 года N 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».
4. Письмо Министерства регионального развития Российской Федерации от 22 июня 2009 года N 19088-СК/08 «Разъяснения о порядке применения Положения о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».
5. ГОСТ Р 57363-2016 «Управление проектом в строительстве. Деятельность управляющего проектом (технического заказчика)». Введ. впервые: дата введения 2017-06-01.
6. Журавлев П.А., Марукян А.М. Особенности предпроектных проработок в инвестиционно-строительной деятельности (часть 1) // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. № 3 (37). С. 10-16.
7. Синегрибова П. А. Основные аспекты повышения эффективности деятельности микро- и малых организаций в сфере проектно-исследовательских работ // Молодой ученый. — 2022. — № 25 (420). — С. 394-397.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РЫНКА НЕДВИЖИМОСТИ В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИЗИСА

И.А. Самохвалов

*ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», 305040, Курская область, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94,
samohvaloviliya@yandex.ru*

Аннотация

В статье рассматриваются тенденции рынка недвижимости в условиях экономического кризиса. Изучение роли инвестирования в недвижимость в процессе увеличения капитала. Отображаются основные риски и возможности для инвесторов на рынке недвижимости в период экономического кризиса. Описывается влияние спада на цены и доходность арендных объектов, а также возможные затруднения с получением финансирования. Предложены рекомендации по снижению рисков, включая анализ рынка, наличие запасных финансовых ресурсов и диверсификацию портфеля инвестиций.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях экономического кризиса рынок недвижимости подвержен значительным изменениям, которые могут повлиять на инвестиционные возможности и риски. В данной статье мы рассмотрим основные тенденции развития рынка недвижимости в период экономического спада, а также выявим ключевые риски, с которыми сталкиваются инвесторы. Мы также предложим рекомендации по снижению рисков и принятию обоснованных решений при инвестировании в недвижимость в условиях экономического кризиса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ литературных источников, изучение академических книг, статей и исследований, посвященных состоянию рынка недвижимости в условиях экономического кризиса, финансовому рынку и недвижимости. Используются статистические отчеты от официальных источников, исследования рынка недвижимости, которые позволяют получить объективную информацию о состоянии рынка недвижимости в период экономического кризиса. Эти данные включают информацию о продажах недвижимости, ценах, спросе и предложении, уровне инвестиций и других ключевых показателях.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рынок недвижимости является одним из ключевых секторов экономики, способным оказывать значительное влияние на социальное и экономическое положение страны в целом. Первоначально следует отметить, что рынок недвижимости является очень динамичным и подверженным сезонным колебаниям. Он зависит от множества факторов, таких как экономическая стабильность, ситуация на рынке труда, уровень доходов населения, доступность кредитования и инвестиций [1].

В условиях экономического кризиса рынок недвижимости подвергается значительным изменениям, которые влияют на спрос, предложение и цены на недвижимость. Тенденции развития рынка недвижимости в период кризиса могут быть как отрицательными, так и положительными, и зависят от многих факторов, таких как уровень безработицы, уровень доходов населения, изменение ставок по ипотеке и т.д [2,5]:

Одной из основных тенденций развития рынка недвижимости в период кризиса является снижение спроса на покупку жилья. В условиях экономической нестабильности многие люди откладывают решение о приобретении недвижимости из-за неопределенности в финансовом положении, что приводит к снижению объемов продаж и цен на жилье.

Также в период кризиса наблюдается увеличение количества объектов недвижимости, выставленных на продажу. Это связано с тем, что люди, находясь в финансовых затруднениях, вынуждены распродавать свою недвижимость, чтобы покрыть долги или обеспечить себе финансовую подушку безопасности. Увеличение предложения на рынке недвижимости приводит к снижению цен на объекты недвижимости.

Однако, несмотря на отрицательные тенденции, в период экономического кризиса можно наблюдать и положительные изменения на рынке недвижимости. Например, снижение цен на недвижимость может стимулировать спрос со стороны инвесторов, которые видят возможность приобрести объекты недвижимости по более низким ценам и получить выгоду в будущем при их последующей продаже или сдаче в аренду.

Также в период кризиса растет спрос на аренду жилья, так как люди стараются сэкономить деньги и избежать крупных финансовых обязательств, связанных с покупкой недвижимости. Это создает возможности для инвесторов получать стабильный доход от аренды недвижимости.

Также в период кризиса увеличивается спрос на дешевое жилье. В условиях экономического кризиса спрос на более дешевое жилье обычно увеличивается, так как люди стараются сэкономить деньги и выбирают более доступные варианты. Повышение роли государства. В период экономического кризиса государство может принимать меры по стимулированию рынка недвижимости, например, через программы поддержки первых покупателей или субсидирования ипотечных кредитов.

Таким образом, тенденции развития рынка недвижимости в условиях экономического кризиса являются сложными и многообразными. Однако, как и в любых других условиях, успешное инвестирование в недвижимость в период кризиса требует тщательного анализа рынка, глубокого понимания факторов, влияющих на цены и спрос, а также профессионального управления инвестициями для минимизации рисков и максимизации доходности.

В условиях экономического кризиса рынок недвижимости становится особенно важным объектом внимания для инвесторов. С одной стороны, кризис может создать уникальные возможности для приобретения недвижимости по сниженным ценам, с другой - он несет значительные риски, связанные с возможной потерей инвестиций [3,7]:

Одним из основных рисков для инвесторов в период экономического спада является падение цен на недвижимость. В условиях кризиса спрос на жилье снижается, что приводит к уменьшению стоимости объектов недвижимости. Инвесторы, приобретающие недвижимость в период спада, могут столкнуться с риском потери капитала, если цены на недвижимость продолжают снижаться.

Другим значительным риском является увеличение вакансий и снижение доходности арендных объектов. В период экономического кризиса многие люди теряют работу или вынуждены сокращать свои расходы, что может привести к увеличению числа свободных помещений и снижению арендных ставок. Это может существенно снизить доходность инвестиций в недвижимость и увеличить риск невозможности получения ожидаемой прибыли.

Также важным риском для инвесторов является возможность затруднений с получением финансирования. В период экономического кризиса банки могут стать более строгими в выдаче кредитов, что может затруднить возможность приобретения недвижимости и увеличить финансовые затраты на инвестиции.

Для снижения рисков инвесторам следует обращать внимание на несколько ключевых моментов. Во-первых, необходимо тщательно анализировать рынок и выбирать объекты недвижимости с высокой степенью ликвидности и потенциалом для роста стоимости. Во-вторых, важно иметь запасные финансовые ресурсы для покрытия возможных потерь или неожиданных расходов. Также рекомендуется диверсифицировать портфель инвестиций, вкладывая средства не только в один тип недвижимости, но и в различные регионы и виды объектов.

Таким образом, инвестирование в недвижимость в период экономического кризиса несет значительные риски, однако при правильном подходе может принести высокие доходы. Важно тщательно анализировать рынок, иметь запасные финансовые ресурсы и диверсифицировать портфель инвестиций для снижения возможных потерь.

Инвестирование в недвижимость является одной из самых популярных форм инвестиций. Однако, применение капитала в этот сектор нередко связано с определенными рисками, особенно в периоды экономического кризиса. Ниже приведены рекомендации, которые помогут инвесторам снизить риски и принять более осознанные решения при инвестировании в рынок недвижимости в условиях экономического кризиса [4,6]:

1. Изучение рынка и региональных особенностей. Первое и самое важное рекомендация для инвесторов - тщательно изучить рынок и региональные особенности перед тем, как инвестировать. Это включает анализ спроса и предложения, ценообразования, тенденций развития, инфраструктуры, стабильности региона и других факторов, которые могут оказывать влияние на рынок недвижимости. Такой анализ поможет инвесторам выбрать перспективные рынки и определить риски, связанные с конкретными регионами.

2. Разнообразие портфеля. Для снижения рисков рекомендуется диверсифицировать инвестиционный портфель. Это означает, что инвесторы могут распределить свои инвестиции между различными видами недвижимости (коммерческая, жилая, промышленная и т. д.), а также между разными регионами. Такой подход поможет минимизировать потенциальные потери, связанные с возможными проблемами в отдельных сегментах рынка или регионах.

3. Финансовая осведомленность и планирование. Инвесторам необходимо быть финансово осведомленными и иметь четкий финансовый план перед тем, как вкладывать средства в недвижимость. Важно понимать свои финансовые возможности, ограничения и риски. Также стоит учесть возможные изменения в экономической ситуации и наличие кризисных факторов, которые могут повлиять на инвестиции. Разработка плана поможет инвесторам оценить потенциальные риски и установить стратегию управления рисками.

4. Подходить с осторожностью к заемным средствам. Использование заемных средств для инвестиций в недвижимость может быть выгодным, но также несет определенные риски. В период экономического кризиса стоит быть особенно осторожным с использованием кредитов. Перед принятием решения о заемных средствах необходимо тщательно оценить возможности погашения задолженности, учитывая потенциальные изменения в экономической и финансовой сфере.

5. Разумное управление рисками. Инвесторы должны разработать и применять стратегии управления рисками, чтобы снизить возможные убытки. Это может включать страхование недвижимости, диверсификацию инвестиций, использование контрактов и др.

Несмотря на наличие рисков, инвестирование в недвижимость в период экономического кризиса может быть прибыльным. Однако, для снижения рисков необходимо применять осторожность, осуществлять тщательный анализ рынка и региональных особенностей, диверсифицировать портфель, быть финансово осведомленным и разработать стратегию управления рисками. Только так инвесторы смогут принять осознанные решения и достичь успешных результатов в инвестициях в рынок недвижимости.

ВЫВОДЫ

Тенденции развития рынка недвижимости в условиях экономического кризиса можно охарактеризовать как снижение спроса и цен на недвижимость, рост интереса к аренде, переориентация на коммерческую недвижимость и усиление государственной поддержки. Владельцам и потенциальным покупателям недвижимости важно быть внимательными к этим тенденциям и адаптировать свою стратегию в соответствии с ситуацией на рынке. Инвестирование в недвижимость в период экономического кризиса несет значительные

риски, однако при правильном подходе может принести высокие доходы. Важно тщательно анализировать рынок, иметь запасные финансовые ресурсы и диверсифицировать портфель инвестиций для снижения возможных потерь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гранкин В.Ф. Стратегия развития сельского хозяйства курской области в центрально-черноземном регионе/диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук //Уральский государственный аграрный университет. Екатеринбург, 2001
2. Гранкин В.Ф., Гранкин Л.И. Состояние машиностроительного сектора и обеспеченность сельских товаропроизводителей машинами и механизмами/ //Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2008. № 4. С. 47-49.
3. Гранкин В.Ф., Пронская О.Н. Теория организации производства//Крячков И.Т.,(учебное пособие) / Курск, 2010.
4. Гранкин В.Ф., Удовикова А.А., Марченкова И.Н.Вестник. Инновационный подход к росту конкурентных преимуществ предприятия // Курской государственной сельскохозяйственной академии.// 2018. № 4. С. 167-173.
5. Гранкин В.Ф., Цемба Н.М. Стратегия управления продовольственными ресурсами//Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 8. С. 34-36.
6. Гровер.Р., Соловьев М.М. Управление недвижимостью/ 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 347 с.
7. Салтык И.П., Гранкин В.Ф. Стимулирование аграрного труда: прошлый опыт и современные проблемы//Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 1. С. 11-12.

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ ГВИНЕЯ В УСЛОВИЯХ СТРУКТУРНОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ ЭКОНОМИКИ

Каба Дженабу

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
kabad367@gmail.com

Аннотация

В проведенном исследовании автором сконцентрировано внимание на добывающей промышленности Республики Гвинея как на ведущей отрасли, обладающей богатым горнодобывающим потенциалом, выступающей катализатором структурных изменений в экономике страны и являющейся основой ее экономического роста. В статье проведен анализ состояния добывающей промышленности Республики Гвинея, и на этой основе выявлены основные проблемы, сдерживающие ее развитие в условиях структурной перестройки экономики за счет увеличения доли перерабатывающей промышленности в ВВП. Все предложения по разработке направлений для решения выявленных проблем основаны как на продвижении теоретических разработок в области обеспечения развития добывающей промышленности в современную практику, так и на актуальных детализированных представлениях Министерства добывающей промышленности и геологии Республики Гвинея. Предложенный автором комплекс направлений для решения проблем, сдерживающих развитие добывающей промышленности Республики Гвинея, рассматривается как основа разработки совокупности правовых, экономических, организационных и иных мер по проведению структурной перестройки экономики за счет увеличения доли перерабатывающей промышленности в ВВП.

ВВЕДЕНИЕ

Опыт развития многих стран показывает значительную роль добывающей промышленности в развитии национальных экономик, в частности, в создании рабочих мест и сокращении бедности. По данным исследования Международного совета по горному делу и металлам (ИСММ), один доллар, вложенный в добывающий сектор, генерирует три или более доллара в других отраслях. Позитивное влияние добывающей промышленности на экономику стран с низким и средним уровнем доходов, богатых нетопливными полезными ископаемыми, наблюдается в странах Африки. Особый интерес вызывает Республика Гвинея, расположенная в Западной Африке и обладающая крупнейшими в мире неразработанными месторождениями бокситов и железа, значительными запасами золота и алмазов, а также другими минеральными ресурсами, такими как цветные металлы (медь, свинец, цинк, кобальт), известняк, графит [1]. Разнообразие этого потенциала создает инвестиционные возможности, способные поддерживать достаточно высокий рост гвинейской экономики. Вместе с тем минеральные ресурсы Республики Гвинея до настоящего времени недостаточно разведаны и, соответственно, недооценены, поэтому вклад горнодобывающего сектора в экономику страны весьма скромнен. По данным Всемирного банка, экономический рост в Республике Гвинея в 2022 году составил 4,7 %, что в 2,3 раза меньше максимального его значения в 10,82 % в 2016 году (рис.1) [2].

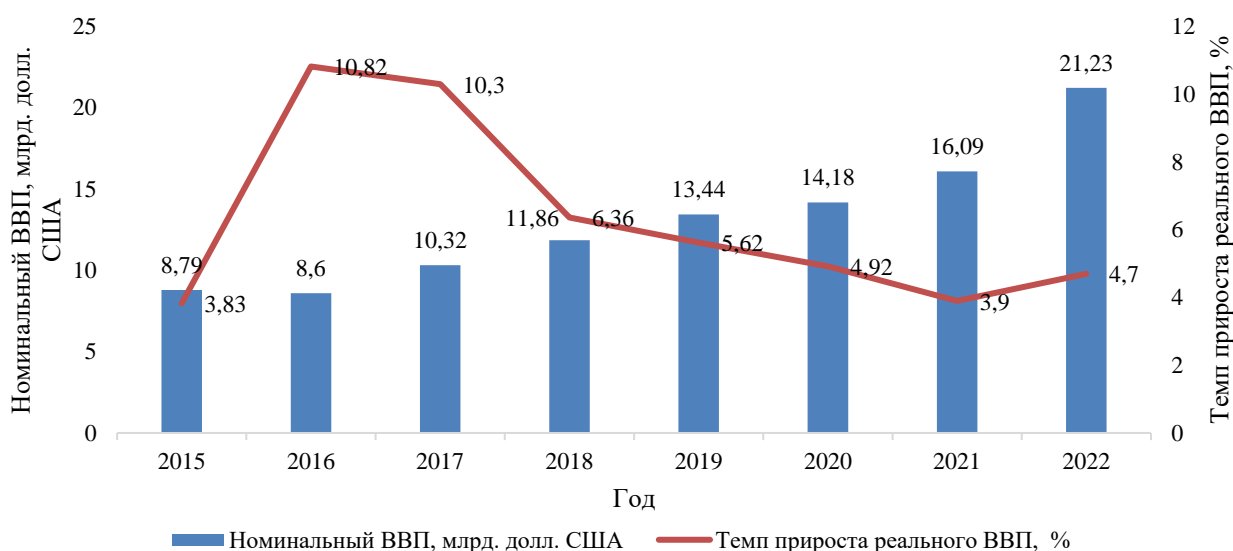


Рис. 1. Динамика изменения номинального ВВП Республики Гвинея и темпа прироста реального ВВП по данным Всемирного банка [2]

Данные рисунка 1 свидетельствуют о росте номинального ВВП Республики Гвинея в 2022 году до 21,23 млрд долл. США. В 2021 году значение этого показателя составляло 16,09 млрд долл. США, то есть по сравнению с предыдущим годом рост составил +5,14 млрд (+31,92%). Текущее значение номинального ВВП является абсолютным максимумом для Республики Гвинея за исследуемый период. Абсолютное минимальное значение номинального ВВП Гвинеи было отмечено в 1986 году и составило 2,00 млрд долл. США. Учитывая опыт таких стран, как Австралия, Индонезия, Китай, отметим, что обеспечение роста вклада горнодобывающей промышленности в национальную экономику возможно на основе ее структурной перестройки за счет увеличения доли перерабатывающей промышленности в ВВП страны, в частности, путем переработки бокситов на территории страны.

В этой связи в проведенном исследовании автор сконцентрировал свое внимание на добывающей промышленности Республики Гвинея как на ведущей отрасли, обладающей богатым недооцененным горнодобывающим потенциалом, выступающим катализатором структурных изменений в экономике страны и основой ее экономического роста. Важным условием развития добывающей промышленности Республики Гвинея в условиях структурной перестройки экономики за счет увеличения доли перерабатывающей промышленности в ВВП является разработка комплекса мер, направленных на развитие потенциала добывающей промышленности и обеспечение производства конкурентоспособной промышленной продукции с более высокой добавленной стоимостью. В данной ситуации первостепенной задачей является проведение анализа проблемного поля развития добывающей промышленности Республики Гвинея с учетом предстоящих структурных изменений в ее экономике.

Целью исследования является формирование комплекса направлений для решения основных проблем, сдерживающих развитие добывающей промышленности Республики Гвинея, и на этой основе обеспечить возможность ускорения разработки правовых, экономических, организационных и иных мер для проведения структурной перестройки экономики за счет увеличения доли перерабатывающей промышленности в ВВП.

Для достижения поставленной цели автор сформулировал несколько логически взаимосвязанных задач, последовательное решение которых позволило получить новые результаты:

- провести анализ состояния добывающей промышленности Республики Гвинея;
- выявить проблемы, сдерживающие развитие добывающей промышленности Республики Гвинея в условиях структурной перестройки экономики за счет увеличения доли перерабатывающей промышленности в ВВП;
- определить возможные направления для решения каждой отдельной проблемы.

Решение поставленных задач осуществлялось в рамках выполнения трех последовательных этапов (рис. 1).



Рис. 2. Этапы проведения исследования

Первый этап – исследование информационных источников, направлен на систематизацию и анализ действующей нормативно-правовой базы, открытых источников в сфере добывающей промышленности Республики Гвинея, актуальных для проведения анализа ее состояния. Второй этап – формирование перечня проблем, сдерживающих развитие добывающей промышленности Республики Гвинея, ориентирован на систематизацию проблем, требующих решения для обеспечения развития добывающей промышленности в условиях структурной перестройки экономики за счет увеличения доли перерабатывающей промышленности в ВВП страны. Третий этап – разработка возможных направлений для решения проблем, фокусирует результаты первых двух этапов на формирование комплекса направлений для решения основных проблем, сдерживающих развитие добывающей промышленности Республики Гвинея.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящее время добывающая промышленность Республики Гвинея переживает существенные изменения. За последние несколько лет проведен ряд реформ, ориентированных на увеличение вклада добывающей промышленности в экономику страны. В связи с этим на различных уровнях управления добывающей промышленностью проводился ряд анализов с целью выявить влияние осуществленных изменений на развитие

добывающей промышленности. Результаты представлены в официальных документах Министерства горнодобывающей промышленности и геологии [1], Министерства экономики, финансов и планирования [3], Национального бюро статистики Республики Гвинея [4]. Выполненная систематизация направлений анализа состояния добывающей промышленности Республики Гвинея показала, что в большинстве случаев в качестве основных направлений рассматриваются: нормативно-правовое регулирование добывающей промышленности; система управления добывающей промышленностью; технологическое оснащение добывающей промышленности; стимулирование деятельности в сфере добывающей промышленности, трудовые ресурсы; инфраструктура добывающей промышленности.

Исследование открытых информационных источников в сфере нормативно-правового регулирования добывающей промышленности Республики Гвинея позволило установить, что нормативно-правовая база в сфере добывающей промышленности включает национальные, региональные и международные нормативно-правовые акты, обобщенные в таблице 1.

Табл. 1. Нормативно-правовая база в сфере добывающей промышленности Республики Гвинея

Уровень	Перечень нормативно-правовых актов
Национальный	Горный кодекс по добыче полезных ископаемых 2011 г. (закон L/2011/006/CNT от 9 сентября. 2011 г.) с поправками, внесенными в 2013 г. (закон L/2013/ № 053/ CNT от 8 апреля 2013 г.) [1]. Указы, постановления, решения [1]. Другая справочная нормативно-правовая документация 1[1].
Региональный	Директива ЭКОВАС (Экономическое сообщество западноафриканских государств) № C/DIR3/05/09 от 27 мая 2009 г. «О согласовании руководящих принципов и политики в горнодобывающем секторе» [5]. Договор от 17 октября 1993 г. «О гармонизации коммерческого права в Африке, свод единообразных актов, принятых для его применения» [6].
Международный	Инициатива прозрачности в добывающих отраслях (ИПДО) - присоединение в 2005 г. [7]. ИПДО-Гвинея. Приказ D/2012/014/PRG / SGG от 03.02.2012 г. [8]. Кимберлийский процесс - Гвинея стала членом Ассоциации африканских стран-производителей алмазов (ADPA) [9]. Концепция развития горнодобывающей промышленности в Африке. Гвинея приняла принципы Африканского режима добычи полезных ископаемых в феврале 2009 года [10].

Основополагающим документом нормативно-правового регулирования добывающей промышленности Республики Гвинея является Горный кодекс [1], соответствующий требованиям международного стандарта ИПДО [7], который направлен на обеспечение более высокого уровня прозрачности и подотчетности в добывающей промышленности различных стран мира. Горный кодекс, актуализированный в 2013 году, предусматривает определенные налоговые и таможенные льготы предприятиям добывающей промышленности. В процессе исследования нормативно-правовой базы было выявлено, что полное соблюдение его положений требует промульгации всех имплементированных правовых актов в сфере горнодобывающей промышленности.

Изучение структуры управления добывающей промышленностью Республики Гвинея показало, что основным органом управления является Министерство горнодобывающей промышленности и геологии, разрабатывающее и реализующее государственную политику в сфере горнодобывающей промышленности и геологии, а также обеспечивающее контроль за ее реализацией. Также в процессе управления активное участие принимают автономные государственные органы, такие как Национальная геологическая лаборатория, Центр развития горнодобывающей промышленности, Национальная служба координации проектов в горнодобывающей промышленности, Национальное управление геосервисов, Национальное бюро алмазной экспертизы золота и драгоценных материалов,

Сейсмологический центр [1]. Контроль в сфере горнодобывающей промышленности Республики Гвинея осуществляется на трех иерархических уровнях: центральном, региональном и местном. На центральном уровне контроль осуществляется Центральным комитетом по управлению и контролю; на региональном – Региональным комитетом по управлению и контролю; на местном – Префектурным комитетом по управлению и контролю [1] (рис. 3).

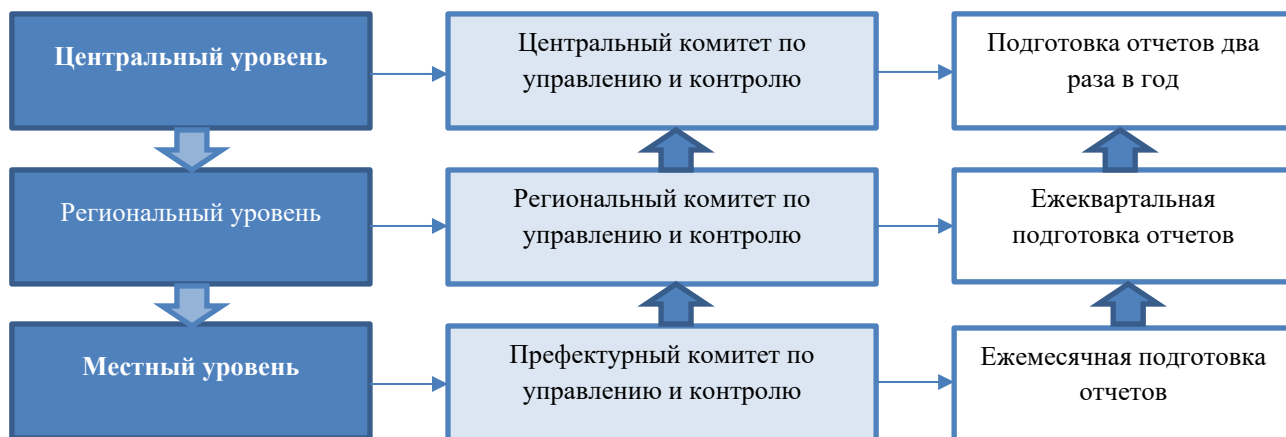


Рис. 3. Органы, осуществляющие контроль в сфере добывающей промышленности Республики Гвинея [1]

Важно отметить, что многообразие структур, обеспечивающих управление и контроль добывающей промышленностью Республики Гвинея, приводит к несогласованной и нескоординированной их работе, дублированию функций и обязанностей, что способствует возникновению конфликтных ситуаций. Неточность информации, а также ограниченность в ее доступности приводят к принятию неэффективных решений, административным задержкам, разрозненности действий управляющих структур. Отсутствие консультационного взаимодействия между заинтересованными сторонами препятствует установлению партнерских отношений между представителями местных сообществ и предприятиями добывающей промышленности. Кроме этого, недостаточное оснащение таможенных пунктов, аналитических лабораторий приводит к ослаблению контроля качества и количества конечной продукции добывающей промышленности и снижает эффективность государственного вмешательства в политику ценообразования и экспортную политику.

Анализ основных документов в сфере планирования добывающей промышленности свидетельствует о том, что в настоящее время Министерством горнодобывающей промышленности и геологии Республики Гвинея разработаны «Оперативный план действий в сфере горнодобывающей промышленности на 2023 год» [11], «Среднесрочный план финансирования развития горнодобывающей промышленности на период с 2024 по 2026 год» [12]. Вместе с тем до настоящего времени не разработана «Стратегия развития добывающей промышленности Республики Гвинея», определяющая приоритеты, цели и задачи добывающей промышленности в долгосрочной перспективе с учетом ориентации государственной политики на увеличение доли перерабатывающей промышленности в ВВП страны.

Исследование состояния технологического оснащения добывающей промышленности Республики Гвинея позволило установить, что применяемое оборудование устарело, а технологические процессы требуют модернизации. Динамика индекса инноваций, учитывающего, с одной стороны, внедренные инновационные продукты и технологии в стране, с другой стороны – разработанные инновационные продукты и технологии в стране, и оцениваемого по 100-балльной шкале, представлена на рис. 4 [2].

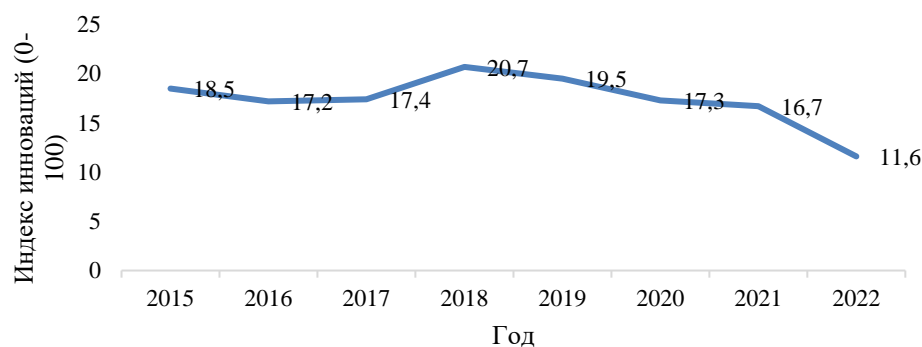


Рис. 4. Динамика индекса инноваций Республики Гвинея за период с 2015 по 2022 г. по данным Всемирного банка [2]

Данные рисунка 4 демонстрируют ежегодное снижение индекса инноваций в период с 2018 по 2022 гг. В 2022 году индекс инноваций имел наименьшее значение за исследуемый период и составил 11,6 пунктов, что на 6,9 пункта ниже в сравнении с 2015 годом. Изношенность основных производственных фондов и морально устаревшие технологические процессы приводят к неполной загрузке производственных мощностей в добывающей промышленности.

В этой связи при анализе состояния добывающей промышленности Республики Гвинея особое внимание было уделено рассмотрению вопроса стимулирования деятельности в сфере добывающей промышленности по трем основным направлениям: стимулирование инвестиционной деятельности, несовершенство денежно-кредитной политики и ограниченность информационного обеспечения добывающей промышленности. О недостаточном стимулировании инвестиционной деятельности в добывающей промышленности Республики Гвинея свидетельствуют данные рисунка 5, отражающие динамику прямых иностранных инвестиций в экономику Республики Гвинея за период с 2015 по 2021 г. [2].



Рис.5. Динамика прямых иностранных инвестиций в экономику Республики Гвинея за период с 2015 по 2021 г. по данным Всемирного банка [2]

Согласно данным рисунка 5, пик инвестиционной активности наблюдается в 2016 году, и сумма иностранных инвестиций была самой высокой за весь исследуемый период – 1,62 млрд долл. США (или 18,83 % ВВП страны). По итогам 2021 года инвестиционная активность значительно снизилась – до 0,2 млрд долл. США или 1,23 % ВВП, что на 1,42 млрд долл. США (17,6 % ВВП) меньше в сравнении с 2016 годом. Для обеспечения открытости данных о прямых иностранных инвестициях Центральным банком Республики

Гвинея по требованию Международного валютного фонда проведен анализ входящих и исходящих иностранных инвестиций за период с 2017-2018 годы [13]. При этом на уровень инвестиционной активности существенное влияние оказывают достаточно высокие налоговые ставки, установленные Налоговым кодексом Республики Гвинея: ставка налога на прибыль составляет – 35 %, ставка подоходного налога – 40 %, ставка налога с продаж – 18 % [1], а также существующие недостатки в денежно-кредитной политике.

Разработку и реализацию государственной кредитно-денежной политики в Республике Гвинея осуществляет Центральный банк, учрежденный в 1960 году, основными задачами которого является регулирование уровня цен и инфляции, обеспечение стабильного функционирования финансового сектора. Деятельность Центрального банка направлена на осуществление контроля за деятельностью коммерческих банков, обеспечение информационной открытости денежно-кредитной политики, установление ключевой ставки [13]. В настоящее время перед руководством Центрального банка Республики Гвинея стоит противоречивая задача. С одной стороны – необходимо обеспечить сдерживание уровня инфляции в стране, с другой стороны – восстановить экономический рост, корректируя уровень ключевой ставки. Проведенный анализ динамики уровня инфляции в Республике Гвинея за период с 2010 по 2022 год говорит о его поступательном снижении, начиная с 2012 года, и стабилизации вплоть до 2019 года. В 2020 году наблюдается повышение уровня инфляции до 10,6 % на фоне пандемии COVID-19, в 2021 году – до 12,6 % на фоне смены власти в стране. По состоянию на 2022 год уровень инфляции в Республике Гвинея составляет 10,5 % (рис. 6) [14].

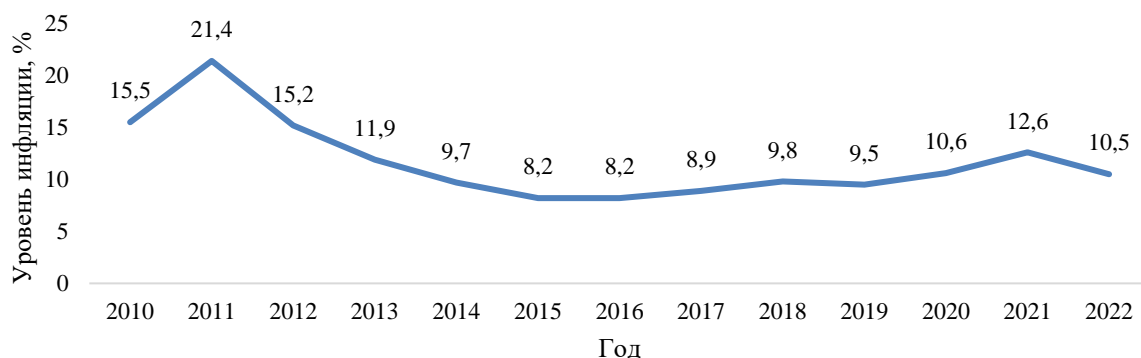


Рис.6. Динамика уровня инфляции в Республике Гвинея за период с 2010 по 2022 г. по данным Международного валютного фонда [14]

Представленная в таблице 2 динамика изменения ключевой ставки Центрального банка Республики Гвинея за период с 2015 по 2023 год свидетельствует о снижении ее значения до 11,0 % с сентября 2023 года [13]. По данным Всемирного банка среди стран Африки страна Кабо-Верде имеет наименьшее значение ключевой ставки в 2023 году – 1,25 %, страна Зимбабве – наивысшее значение ключевой ставки – 130 % [2].

Табл. 2 Динамика ключевой ставки Республики Гвинея за период с 2015 по 2023 год (по данным Центрального банка Республики Гвинея) [13]

Месяц	Год							
	2015	2016	2017	2018	2019	2021	2022	2023
январь	13,0	11,0	12,5	12,5	12,5	11,5	11,5	11,5
февраль	11,0	11,0	12,5	12,5	12,5	11,5	11,5	11,5
март	11,0	11,0	12,5	12,5	12,5	11,5	11,5	11,5
апрель	11,0	12,5	12,5	12,5	12,5	11,5	11,5	11,5
май	11,0	12,5	12,5	12,5	12,5	11,5	11,5	11,5
июнь	11,0	12,5	12,5	12,5	12,5	11,5	11,5	11,5
июль	11,0	12,5	12,5	12,5	12,5	11,5	11,5	11,5
август	11,0	12,5	12,5	12,5	12,5	11,5	11,5	11,5
сентябрь	11,0	12,5	12,5	12,5	12,5	11,5	11,5	11,0
октябрь	11,0	12,5	12,5	12,5	12,5	11,5	11,5	11,0
ноябрь	11,0	12,5	12,5	12,5	12,5	11,5	11,5	11,0
декабрь	11,0	12,5	12,5	12,5	12,5	11,5	11,5	11,0

Отметим, что понижение значения ключевой ставки позволяет выдавать коммерческие кредиты под более низкие проценты для последующего кредитования бизнеса. Повышение значения ключевой ставки является временной мерой, не решающей внутренние проблемы государства, а лишь усугубляющей их. По данным Центрального банка Гвинеи, средняя ставка, по которой коммерческие банки выдают кредиты, по состоянию на декабрь 2022 года составляла 15,12 %, по состоянию на июнь 2023 года – 15,15 % [13].

При рассмотрении вопроса стимулирования деятельности в сфере добывающей промышленности особое внимание следует обратить на ограниченный характер ее информационного обеспечения. Отсутствие информации о результатах деятельности предприятий добывающей промышленности на официальных сайтах предприятий, а также наличие устаревшей и неполной статистической информации о состоянии добывающей промышленности на официальных сайтах различных министерств Республики Гвинея подтверждают недостаточность информационного обеспечения в добывающей промышленности.

Слаборазвитая базовая инфраструктура Республики Гвинея снижает конкурентоспособность добывающей промышленности на мировом уровне. Ввиду того, что более 90 % продукции добывающей промышленности экспортируется, развитие транспортной инфраструктуры является необходимым условием обеспечения деятельности предприятий добывающей промышленности [1]. В настоящее время общая протяженность автомобильных дорог составляет 44348 км, с твердым покрытием – 4342 км, без покрытия – 40006 км. Общая протяженность железнодорожных путей составляет 1086 км, со стандартной колеи (колея 1,435 м) – 279 км, с узкой колеи (колея 1,000 м) – 807 км; в том числе 662 км путей для грузовых составов (от Канкана до Конакри). Основными железнодорожными маршрутами являются Камсар – Сангареди, Конакри – Канкан. При этом на железнодорожном транспорте преобладает экспорт сырья с шахт в морские порты, находящиеся в Боке, Камсаре, Конакри. Протяженность водных путей составляет 295 км. Оцененные экспертами Всемирного экономического форума показатели качества автомобильных, железных дорог и портовой инфраструктуры по семибалльной шкале (1 – низкое качество, 7 – высокое качество) за период с 2012 по 2018 год представлены на рисунке 7 [15].

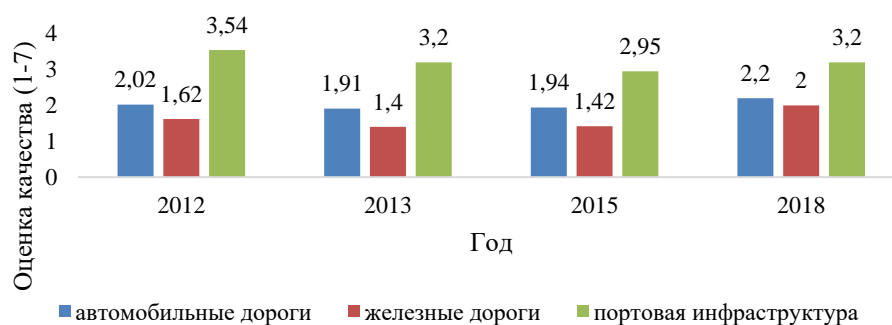


Рис. 7. Оценка качества автомобильных, железнодорожных дорог, портовой инфраструктуры за период с 2012 по 2018 год по данным Всемирного экономического форума [15]

По результатам экспертной оценки можно констатировать, что в настоящее время железные дороги, получившие наименьшую экспертную оценку на протяжении исследуемого периода, наиболее нуждаются в развитии для обеспечения деятельности предприятий добывающей промышленности

Важным направлением диагностики состояния добывающей промышленности Республики Гвинея является анализ трудовых ресурсов. По данным Министерства горнодобывающей промышленности и геологии, в 2022 году в добывающей промышленности республики Гвинея было занято 13436 человек, из них 93 % (12501 человек) составляли гвинейские работники и только 7 % (890 человек) – иностранные работники, занимающие преимущественно управленческие должности и осуществляющие руководство иностранными предприятиями добывающей промышленности [1]. При этом более 60 % занятых в добывающей промышленности Республики Гвинея составляют мужчины (рис. 8) [15].

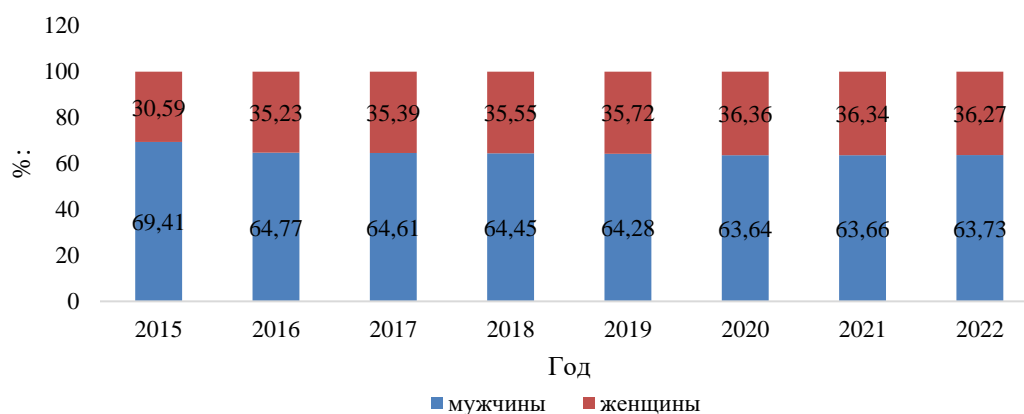


Рис. 8. Соотношение мужчин и женщин, занятых в добывающей промышленности Республики Гвинея по данным Всемирного экономического форума [15]

По данным ЮНЕСКО, уровень грамотности занятых в промышленности Республики Гвинея работников увеличился с 32,00 % в 2014 году до 45,33 % в 2021 году, однако остается достаточно низким в сравнении с другими странами Африки. Средний уровень грамотности в Африке достигает на данный момент 70 % для мужчин и 50 % для женщин [16]. Необеспеченность добывающей промышленности квалифицированными кадрами снижает заинтересованность иностранных инвесторов.

В ходе работы на определенных этапах автором широко применялись методы исследований, входящих в группу аналитических методов и системный метод, которые позволили обеспечить интегрированное решение относительно формирования комплекса

направлений для решения проблем, сдерживающих развитие добывающей промышленности Республики Гвинея в условия структурной перестройки экономики за счет увеличения доли перерабатывающей промышленности в ВВП. В частности, на основе сравнительного анализа ранее применявшихся направлений диагностики состояния добывающей промышленности определены наиболее часто встречающиеся направления анализа, более подробно рассмотренные в исследовании. Применение методов анализа и классификации информации позволило собрать в единую систему имеющуюся информацию по возможным направлениям для решения проблем, сдерживающих развитие добывающей промышленности Республики Гвинея. Системный метод, использованный в исследовании, позволил сформировать общее видение направлений для решения проблем и провести комплексный анализ состояния добывающей промышленности по основным направлениям.

Большая часть актуального материала в сфере развития добывающей промышленности Республики Гвинея в современных условиях, использованного в качестве информационной основы исследования, получена автором на основе запроса в Министерство добывающей промышленности Республики Гвинея.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Представим основные результаты, полученные в процессе исследования собранного материала с использованием рассмотренных методов, позволивших сформировать комплекс возможных направлений для решения проблем, сдерживающих развитие добывающей промышленности Республики Гвинея в условиях структурной перестройки экономики за счет увеличения доли перерабатывающей промышленности в ВВП.

Для решения задачи определения проблем, сдерживающих развитие добывающей промышленности, использовалась консолидированная информация проведенного анализа нормативно-правовой базы в сфере добывающей промышленности и результатов сравнительного анализа основных направлений анализа состояния добывающей промышленности Республики Гвинея, представленных в официальных документах различных министерств Республики Гвинея.

На основе проведенного анализа состояния добывающей промышленности Республики Гвинея определены основные проблемы, сдерживающие развитие добывающей промышленности, такие как несовершенство законодательной базы, отсутствие гибкой и эффективной системы управления, низкий уровень технологического оснащения в, недостаточное стимулирование инвестиционной деятельности, несовершенство денежно-кредитной политики, ограниченность информационного обеспечения дефицит квалифицированных кадров, слаборазвитая базовая инфраструктура. Возможные направления для решения проблем разработаны с учетом выявленной проблематики анализа состояния добывающей промышленности Республики Гвинея и представлены в таблице 3.

Табл. 3. Возможные направления для решения проблем, сдерживающих развитие добывающей промышленности Республики Гвинея

№ пп	Направления диагностики состояния добывающей промышленности	Проблемы, сдерживающие развитие добывающей промышленности Республики Гвинея	Направления для решения проблем, сдерживающих развитие добывающей промышленности Республики Гвинея
1	2	3	5
1	Нормативно-правовое регулирование добывающей промышленности	Несовершенство законодательной базы в сфере добывающей промышленности	Совершенствование: <ul style="list-style-type: none"> - налогового законодательства; - инвестиционного законодательства; - законодательства в отношении добычи полезных ископаемых; - законодательства о внешнеэкономической деятельности; - законодательства по формированию государственной национальной политики в добывающей промышленности и др.; - законодательства в сфере развития инфраструктуры добывающей промышленности.
2	Система управления добывающей промышленности	Отсутствие гибкой и эффективной системы управления в добывающей промышленности	<ul style="list-style-type: none"> - Совершенствование структуры управления добывающей промышленностью (количество структур, уровень подготовки управленцев, уровень материально-технического обеспечения управляющих структур, уровень финансирования управляющих структур); - Развитие функционала структуры управления добывающей промышленностью; - Оптимизация количества работников, осуществляющих управление добывающей промышленностью; - Государственное участие в финансировании развития добывающей промышленности; - Формирование программ стратегического развития добывающей промышленности; - Информационное обеспечение системы управления добывающей промышленностью; - Обеспечение консультационного взаимодействия заинтересованных сторон; - Цифровизация системы управления добывающей промышленностью.
3	Технологическое оснащение добывающей промышленности	Низкий уровень технологического оснащения в добывающей промышленности	<ul style="list-style-type: none"> - Совершенствование источников финансирования для модернизации оборудования; - Совершенствование источников финансирования модернизации технологических процессов; - Совершенствование методов финансирования (кредит, лизинг и т.д.); - Автоматизация производственных процессов; - Участие государства в совершенствовании технологического оснащения в добывающей промышленности; - Внедрение современных технологий в управлении.
4	Стимулирование деятельности в сфере горнодобывающей промышленности	Недостаточное стимулирование инвестиционной деятельности в добывающую промышленность	<ul style="list-style-type: none"> Налоговое стимулирование инвестиционной деятельности. Таможенное стимулирование инвестиционной деятельности. Меры по защите отечественного товаропроизводителя. Внедрение современных технологий в управлении инвестициями. Научно-техническое обеспечение добывающей промышленности.

		Несовершенство денежно-кредитной политики	<ul style="list-style-type: none"> - Регулирование уровня инфляции; - Усиление контроля за деятельностью коммерческих банков; - Обеспечение информационной открытости денежно-кредитной политики; - Регулирование ключевой ставки Центрального банка; - Укрепление курса национальной валюты; - Снижение ставок по кредитам; - Борьба с коррупцией.
		Ограниченность информационного обеспечения в добывающей промышленности	<ul style="list-style-type: none"> - Доступность информации о результатах деятельности предприятий добывающей промышленности на официальных сайтах предприятий; - Развитие структуры информационных агентств; - Доступность статистической информации о состоянии добывающей промышленности.
5	Трудовые ресурсы	Дефицит квалифицированных кадров в добывающей промышленности	<ul style="list-style-type: none"> - Подготовка трудовых ресурсов для добывающей промышленности; - Подготовка кадров для высшей квалификации; - Подготовка управленческих кадров для добывающей промышленности; - Стимулирование повышения квалификации; - Разработка системы мотивации работников; - Привлечение молодых работников.
6	Инфраструктура добывающей промышленности	Слаборазвитая базовая инфраструктура	<ul style="list-style-type: none"> - Развитие транспортной инфраструктуры; - Развитие энергетической инфраструктуры.

Совершенствование законодательной базы в сфере добывающей промышленности Республики Гвинея направлено на устранение несоответствий между Горным кодексом и другими кодексами (налоговым, инвестиционным, таможенным, трудовым и др.), между положениями типовой Конвенции о добыче полезных ископаемых и положениями Горного кодекса; разработку нормативно-правовых актов, регулирующих национальную политику в сфере добывающей промышленности по переработке полезных ископаемых (бокситов, глинозема) на территории Республики Гвинея; развитие инфраструктуры добывающей промышленности, определяющее порядок формирования цен на конечную продукцию добывающей промышленности (бокситов, глинозема, алюминия) и контроль ее качества и количества.

Гибкая и эффективная система управления добывающей промышленности основывается на:

- усовершенствованной структуре управления добывающей промышленности Республики Гвинея, содержащей оптимальное количество управляющих структур, которые выполняют свою работу скоординированно и в сотрудничестве с другими структурами;
- обновленном функционале структуры управления добывающей промышленности, позволяющем осуществлять непрерывный мониторинг и контроль за добывающей деятельностью;
- достаточном количестве работников, осуществляющих управление добывающей промышленности;
- активном участии государства в финансировании развития добывающей промышленности;
- сформированных программах стратегического развития добывающей промышленности, учитывающих условия структурной перестройки экономики;
- действенных системах информационного и консультационного обеспечения, способствующих принятию эффективных управленческих решений и установлению партнерских отношений;

- цифровизации системы управления добывающей промышленностью, обеспечивающей архивное сохранение данных, ускоряющей процесс принятия и реализации управленческих решений.

Разработка направлений совершенствования технологического оснащения добывающей промышленности базируется на усовершенствованных источниках финансирования для модернизации оборудования и технологических процессов, усовершенствованных методах финансирования (кредит, лизинг и т.д.); автоматизированных производственных процессах, активном участии государства в совершенствовании технологического оснащения в добывающей промышленности, внедрении современных технологий в управлении.

Стимулирование инвестиционной деятельности в добывающую промышленность обеспечивается за счет налогового стимулирования, предусматривающего изменение налоговых ставок по видам налогов, применение налоговых льгот по видам налогов, налоговое стимулирование; а также за счет таможенного стимулирования, учитывающего снижение ставок таможенных пошлин на ввоз техники, технологий, интеллектуальной собственности; и на экспортируемую конечную продукцию добывающей промышленности.

Усовершенствование денежно-кредитной политики основывается на регулируемом уровне инфляции, усиленном контроле за деятельностью коммерческих банков, информационной открытости денежно-кредитной политики, регулируемой ключевой ставке Центрального банка, стабильном курсе национальной валюты, снижении ставок по кредитам, отсутствии коррупционной деятельности.

Информационное обеспечение добывающей промышленности предполагает размещение добывающими предприятиями информации о результатах деятельности как на официальных сайтах предприятий, так и на официальных сайтах министерства горнодобывающей промышленности и геологии, министерства экономики, финансов и планирования, Национального бюро статистики Республики Гвинея; а также создание информационных агентств, проводящих исследования в сфере добывающей промышленности.

Дефицит квалифицированных кадров ограничивает возможность получения иностранными инвесторами максимальной выгоды от инвестирования в добывающую промышленность страны. В настоящее время этот вопрос стоит настолько остро, что разработка направлений кадрового обеспечения добывающей промышленности должна быть многоуровневой с учетом требований структурной перестройки национальной экономики и направленной на подготовку трудовых ресурсов, кадров высшей квалификации, управленческих кадров для добывающей промышленности; стимулирование повышения квалификации; разработку системы мотивации работников; привлечение молодых работников. Отсутствие программ специального обучения для незанятого населения, прежде всего для наиболее уязвимых групп населения (особенно женщин), и программ переквалификации для занятого населения затрудняет наращивание кадрового потенциала в профессиональных областях добывающей промышленности Республики Гвинея.

Развитие базовой инфраструктуры является ключевым условием повышения конкурентоспособности добывающей промышленности Республики Гвинея на мировой арене. Освоение новых месторождений бокситов и организация деятельности по их добыче и переработке требуют строительства новых автомобильных и железных дорог, морских портов, новых электростанций и линий электропередач.

ВЫВОДЫ

В процессе анализа предметной области исследования были выявлены и решены задачи, обеспечивающие формирование комплекса возможных направлений для решения проблем, сдерживающих развитие добывающей промышленности Республики Гвинея в условиях

структурной перестройки экономики за счет увеличения доли перерабатывающей промышленности в структуре ВВП. Полученные результаты достигнуты за счет применения методов исследования, в первую очередь основывающихся на материалах открытых источников и информации, представленной на официальных сайтах государственных органов власти, а также полученной в результате запроса в Министерство добывающей промышленности и геологии Республики Гвинея.

Первичным вопросом, рассмотренным в исследовании, стало проведение анализа состояния добывающей промышленности Республики Гвинея. Были определены основные направления анализа, наиболее часто встречающиеся в анализах Министерства горнодобывающей промышленности и геологии, Министерства экономики, финансов и планирования, Национального бюро статистики Республики Гвинея. Важнейшим результатом исследования стал сформированный перечень проблем, сдерживающих развитие добывающей промышленности в условиях структурной перестройки экономики за счет увеличения доли перерабатывающей промышленности в структуре ВВП страны и систематизированных по основным направлениям анализа состояния добывающей промышленности Республики Гвинея. Предложенные пути решения каждой отдельно взятой проблемы позволили сформировать комплекс возможных направлений для решения основных проблем, сдерживающих развитие добывающей промышленности Республики Гвинея.

Прикладная значимость результатов исследования состоит в том, что они могут быть использованы как основа для разработки совокупности правовых, экономических, организационных и иных мер по проведению структурной перестройки экономики за счет увеличения доли перерабатывающей промышленности в структуре ВВП с целью решения проблем, сдерживающих развитие добывающей промышленности Республики Гвинея. Дальнейшие исследования автора связаны с проведением оценки проблем и определением приоритетности их решения на основании мнения экспертов в сфере добывающей промышленности Республики Гвинея.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт Министерства горнодобывающей промышленности и геологии Республики Гвинея. Режим доступа: <https://mines.gov.gn/>. Дата обращения: 07.11.2023.
2. Официальный сайт Всемирного банка. Режим доступа: <https://www.worldbank.org/en/home>. Дата обращения: 07.11.2023.
3. Директива ЭКОВАС (Экономическое сообщество западноафриканских государств) № C/DIR3/05/09 от 27 мая 2009 г. «О согласовании руководящих принципов и политики в горнодобывающем секторе». Режим доступа: <https://www.parl.ecowas.int/ecodwd/ecowas-revised-treaty/>. Дата обращения: 07.11.2023.
4. Официальный сайт Министерства экономики и финансов Республики Гвинея. Режим доступа: <https://www.mef.gov.gn/index.php/le-ministere/missions-et-organisations>. Дата обращения: 07.11.2023.
5. Официальный сайт Национального бюро статистики Республики Гвинея. <https://www.stat-guinee.org/>
6. Договор от 17 октября 1993 г. «О гармонизации коммерческого права в Африке, свод единообразных актов, принятых для его применения». Режим доступа: <https://fibuslaw.com/post2-ru.html>. Дата обращения: 07.11.2023.
7. Инициатива прозрачности в добывающих отраслях. <https://www.itie-guinee.org/>. Дата обращения: 07.11.2023.
8. ИПДО-Гвинея. Приказ D/2012/014/PRG / SGG от 03.02.2012 г. Режим доступа: <https://eiti.org/sites/default/files/attachments/validation-report-Guinea.pdf>. Дата обращения: 07.11.2023.
9. Кимберлийский процесс - Гвинея стала членом Ассоциации африканских стран-производителей алмазов (ADPA). Режим доступа: <https://www.kimberleyprocess.com/>. Дата обращения: 07.11.2023.
10. Концепция развития горнодобывающей промышленности в Африке. Гвинея приняла принципы Африканского режима добычи полезных ископаемых в феврале 2009 года. Режим доступа: The concept of mining industry development in Africa. Дата обращения: 07.11.2023.
11. Центральный Банк Республики Гвинея. Режим доступа: <https://www.bcr-guinee.org/>. Дата обращения: 07.11.2023.
12. Оперативный план действий в сфере горнодобывающей промышленности на 2023 год, разработанный Министерством добывающей промышленности Республики Гвинея.
13. Среднесрочный план финансирования развития горнодобывающей промышленности на период с 2024 по 2026 год, разработанный Министерством добывающей промышленности Республики Гвинея.

14. Международный валютный фонд. Режим доступа: <https://www.imf.org/ru/Home>. Дата обращения: 07.11.2023.
15. Официальный сайт Всемирного экономического форума. Режим доступа: <https://www.weforum.org/>. Дата обращения: 07.11.2023.
16. Официальный сайт ЮНЕСКО. Режим доступа: <https://www.unesco.org/ru>. Дата обращения: 07.11.2023.

РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ В РАМКАХ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ РЕНОВАЦИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ

А.А. Кирпиченков

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
andrey.kirpichenkov@mail.ru*

Аннотация

Программа реновации и обновления жилой застройки реализуется на территории московского региона с августа 2017 года. За прошедшее время было построено более 200 новых жилых домов, отвечающих современным требованиям безопасности и комфорта. С целью управления столь сложным механизмом, в процессе участвуют различные участники, отвечающие за регламентированный спектр задач в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами. Тем не менее, учитывая амбициозность и масштаб реализуемой программы, а также объемы строительства новых жилых домов, которые продолжают увеличиваться, участники, как показывает проводимое исследование, сталкиваются с различными особенностями и аспектами внутреннего взаимодействия и внешних факторов, препятствующими эффективной реализации программы и повышающими риски проектов. Проведенный анализ реализации проектов в рамках реновации жилой застройки показывает, что разработка организационно-экономического механизма позволит выстроить более эффективную схему взаимодействия основных участников реализации проектов, снизить вероятные риски и повысить прогнозируемость сроков и бюджета.

Таким образом, с целью обеспечения повышения эффективности реализации проектов реновации жилой застройки, в рамках представленной статьи, предлагается разработка и формирование основных положений, которые, по мнению автора, могут помочь в достижении поставленных задач. Формирование перечня основных параметров и определение факторов, оказывающих максимальное влияние на эффективность реализации проекта, а также на его финальные экономические и финансовые показатели позволит с выбором стратегии взаимодействия основных участников проекта, а также скорректирует вектор принимаемых решений на том или ином этапе реализации проекта. В этой связи, а также с учетом высокой социальной значимости реализуемой программы, проводимое исследование имеет практическую ценность и значимость.

Ключевые слова: программа реновации жилой застройки, комплексное развитие территорий, организационно-экономический механизм, программа реновации жилой застройки города Москвы, повышение эффективности проекта.

ВВЕДЕНИЕ

Программа реновации и обновления жилой застройки является частью национальной программы комплексного развития территорий. Основной задачей программы реновации жилой застройки является создание комфортных и безопасных условий проживания для граждан, нынешнее жилье которых не удовлетворяет современным требованиям и нормам. Программа реновации жилой застройки включает в себя два основных способа создания комфортных и безопасных условий для проживания граждан [1]:

1. Проведение капитального ремонта, в том числе: замена инженерных коммуникаций, инженерного оборудования, устройство современных фасадных систем, восстановление благоустройства, восстановление прочности основных несущих элементов здания.

2. Снос и новое строительство: снос жилых домов, регламентный срок эксплуатации которых подошел к концу, а капитальный ремонт является экономически нецелесообразным или технически невозможным ввиду критического состояния элементов здания [1,2].

Лидером в реализации программы реновации жилой застройки является город Москвы, где данная программа действует с 2017 года (постановление правительства (№ 497-ПП «О Программе реновации жилищного фонда в городе Москве»). Главным методом реализации программы реновации жилой застройки в Москве является снос и новое строительство. Так, например, за прошедшие 5 лет действия программы был выполнен снос 213 жилых домов, техническое состояние которых не позволяло осуществить эффективный ремонт и восстановление характеристик. Также за время действия программы реновации жилой застройки в городе Москве было построено 247 новых жилых домов, что обеспечило 94,8 тысяч человек новым жильем.

С целью выполнения регулирования и управления программой, правительством Москвы был предусмотрен инструмент управления и регулирования реализации программы реновации жилой застройки. Данный инструмент предусматривает принципы взаимодействия основных участников в рамках реализуемой программы, принципы выбора земельных участков для строительства новых жилых зданий, принципы выбора жилых домов для сноса и иные необходимые аспекты для успешной реализации программы реновации жилой застройки [3]. Тем не менее, как показывает практика, не все проекты нового строительства программы реновации удается осуществить эффективно и с соблюдением заданных сроков строительства. В этой связи, в рамках проводимого исследования предлагается определение и анализ основных положений, которые бы позволили снизить возможные риски и повысить эффективность реализации проекта. Учитывая высокую социальную значимость проводимой программы, разработка положений имеет высокую актуальность и практическую ценность [1,3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведенное исследование дает основания полагать, что разработка дополнительного механизма управления на начальных стадиях реализации проекта реновации жилой застройки методом нового строительства может повысить эффективность проекта, сократить непредвиденные затраты, а также снизить возможные риски, в том числе, увеличения сроков. Данный механизм предусматривает многокритериальную оценку участка для планируемой застройки с целью первичного определения целесообразности строительства нового жилого дома на рассматриваемом участке, а также снижения возможных рисков на последующих этапах реализации проекта [4, 5].

С целью повышения эффективности и снижения рисков (юридических, финансовых и организационных), а также для повышения прогнозируемости стоимости в рамках реализации проектов, автором предлагается ряд положений в организации взаимодействия основных участников процесса, было проведено исследование, основанное на методе экспертных оценок, позволяющее определить основные аспекты, требующие внимания в рамках реализации данных проектов. Также в ходе исследования были определены основные недостатки выстроенной системы взаимодействия между участниками, задействованными в реализации программы реновации. Основными участниками процесса реализации программы реновации жилой застройки являются [4, 6]:

1. Департамент градостроительной политики;
2. Департамент градостроительного имущества;
3. Государственная жилищная инспекция;
4. Комитет по архитектуре и градостроительству города Москвы;
5. Московский фонд реновации жилой застройки
6. Организации ген. подряда, служба технического заказчика, проектные организации.

Для большей точности и лучшего восприятия, предлагается также определить основные задачи перечисленных участников и сформировать сводную таблицу в следующем виде:

Табл. 1. Основные участники реализации программы реновации

№ п/п	Участник	Основные задачи
1	Департамент градостроительной политики	В рамках Государственной программы города Москвы «Жилище» проводит следующие работы: <ul style="list-style-type: none"> • Определение стартовых площадок для нового строительства; • Поиск и оценка земельных участков; • Оценка транспортной доступности и инфраструктуры
2	Департамент градостроительного имущества	<ul style="list-style-type: none"> • Определение перечня домов, подлежащих сносу, реконструкции и капитальному ремонту
3	Государственная жилищная инспекция	<ul style="list-style-type: none"> • Проведение комиссий по определению технического состояния, морального и физического износа жилых домов
4	Комитет по архитектуре и градостроительству города Москвы	<ul style="list-style-type: none"> • Определение архитектурно-планировочных решений жилых зданий; • Утверждение облика здания; • Принятие решения по благоустройству территории; • Обеспечение совместимости с прилегающей застройкой
5	Московский фонд реновации жилой застройки	<ul style="list-style-type: none"> • Содействие при осуществлении сноса домов • содействие в подготовке инженерных изысканий, проектной документации, строительстве; • содействие в обеспечении жилищных прав собственников жилых помещений • осуществление инвестиционной деятельности • передает городу Москве жилые помещения, принадлежащие фонду на праве собственности
6	Организации ген. подряда, служба технического заказчика, проектные организации	<ul style="list-style-type: none"> • Выбираются после проведения открытого тендера; • Осуществляют подготовку проектной документации в соответствии с разработанным техническим заданием; • Осуществляют строительство объекта; • Проведение инженерных изысканий; • Сбор исходно-разрешительной документации

Как можно видеть, реализация программы реновации жилой застройки требует отложенного взаимодействия большого числа участников. В современных условиях и с учетом большого количества связей между участниками при реализации программы реновации, действующий порядок взаимодействия участников реализации проектов реновации может приводить к непредвиденным ситуациям, когда требуется переработка проектных решений, получение дополнительных согласований и прочее, что существенно замедляет или целиком останавливает процесс проведения строительно-монтажных работ до момента разрешения ситуации. Таким образом, учитывая высокую социальную значимость проводимой программы, которая заключается, в том числе, необходимостью своевременного ввода в эксплуатацию новых жилых домов, предлагается разработка основных положений, которые, по мнению автора, позволяет повысить эффективность реализации проектов и снизят риски увеличения сроков строительства и его стоимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Автором было проведено исследование, основанное на методе экспертных оценок, позволяющее определить основные положения, которые помогли бы сократить риски при реализации проектов реновации за счет изменения структуры взаимодействия описанных выше участников процесса, а также с применением дополнительных мероприятий, которые также сократят риски и повысят экономическую и организационную прогнозируемость реализуемого проекта.

Таким образом, с учетом установленной структуры взаимодействия между участниками реализации проектов реновации жилой застройки, необходимо повысить прогнозируемость сроков завершения проектов, а также максимально сократить риски увеличения сроков строительства [7, 8].

С этой целью, автором предлагается формирование многокритериальной системы выбора стратегии реализации проекта реновации с дальнейшей разработкой экономико-математической модели, которая учитывает основные меняющиеся параметры, имеющих наибольшее влияние на конечную эффективность реализации проекта. Предлагаемая экономико-математическая модель позволит, по мнению автора, позволит повысить степень проработки предпроектного анализа земельных участков, отводимых для строительства новых жилых домов. В свою очередь, это может положительно сказаться на сокращении возможных рисков при проведении строительных работ.

Выбор параметров, а также весовых коэффициентов (в зависимости от значимости каждого параметра) для формирования экономико-математической модели предлагается осуществить с помощью метода экспертных оценок на основе проведенного опроса среди действующих участников и специалистов отрасли, реализующих проекты по программе реновации жилой застройки. Данный подход позволит учесть все необходимые на практике аспекты и максимально адаптировать экономико-математическую модель к актуальным условиям [7, 8, 9].

С целью формирования принципов многокритериальной оценки эффективности использования земельного участка, планируемого к использованию под застройку (для строительства нового жилого здания) предлагается сформировать перечень критериев с ранжированием по следующим укрупненным группам:

1. Стоимостные параметры;
2. Социальные параметры;
3. Параметры инфраструктуры;
4. Физические параметры.

Для более удобного восприятия предлагается сформировать сводную таблицу для оцениваемых параметров, а также присвоить каждому параметру собственное условное обозначение [10]:

Табл. 2. Таблица оцениваемых параметров

№	Наименование группы	Наименование параметра	Условное обозначение оцениваемого параметра
1	Стоимостные параметры	Стоимость строительства квадратного метра жилого дома	CCM
		Финансовая устойчивость организации, осуществляющей строительство	CFU
2	Социальные параметры	Удаленность от расселяемых (сносимых) жилых домов	SUD
		Транспортная доступность	STD
3	Параметры инфраструктуры	Обеспеченность наружными инженерными коммуникациями и системами	INK
		Потенциальное количество переселяемых граждан в новые жилые дома	IKG
		Обеспеченность социальной инфраструктурой (больницы, школы, детские сады, магазины первой необходимости и так далее)	ISI
4	Физические параметры	Геологическое строение земельного участка	RGS
		Сложность освоения участка строительства	RSO
		Стесненность окружающей застройки	RSZ
		Ограничения, связанные с окружающей застройкой	ROZ
		Коэффициент использования площади земельного участка	RKI

Следующим этапом формирования экономико-математической модели является определение значимости каждого параметра, указанного в таблице выше, с помощью присвоения весовых коэффициентов. С целью повысить объективность и точность определения весового коэффициента каждого параметра, предлагается провести анализ данных параметров методом экспертных оценок, а именно: проведение опроса среди представителей участников процесса реализации проектов по программе реновации жилой застройки на разных стадиях [10, 11].

Таким образом предлагается использование основной формулы для расчёта коэффициента эффективности использования земельного участка для строительства:

$$K = C + S + I + R$$

Где: C – стоимостные параметры; S – социальные параметры; I – параметры инфраструктуры; R – физические параметры

Результатом формирования экономико-математической модели, является возможность сформировать перечень стратегий реализации проектов по программе реновации жилой застройки [11]. Данные стратегии реализации проектов должны определить вектор развития и направление проработки аспектов проекта для повышения их

эффективности. В зависимости от полученного результата в рамках предложенной в настоящем исследовании расчета коэффициента эффективности земельного участка, представляется возможным разработать основные положения стратегий реализации проектов, которые учитывают особенности земельного участка, окружающей застройки и иные параметры, указанные выше в настоящем исследовании [12, 13].

ВЫВОДЫ

В рамках проводимого исследования представилось возможным определить основные положения, позволяющие повысить эффективность реализации проектов в рамках реновации жилой застройки. С этой целью были определены и проанализированы схемы взаимодействия участников реализации проектов и сформирован ряд предлагаемых действий для повышения эффективности проектов и снижения наиболее вероятных рисков.

Оценочный анализ показывает, что проведение более подробных инженерных изысканий на этапе выбора земельного участка для строительства жилого дома, а также получения согласований балансодержателей соседних участков и разработки решений по инженерному обеспечению проекта на ранних стадиях реализации проекта, может впоследствии существенно сократить сроки проектирования и разработки рабочей документации. Снизить вероятные риски возникновения спорных ситуаций, перепроектирования и изменения проектных решений, а также повысить прогнозируемость бюджета. Сократить продолжительность строительства. Так, увеличение продолжительности и стоимости предпроектных работ на первом этапе подготовки проекта на 10-15% может снизить продолжительность проектных и строительно-монтажных работ вплоть до 25-30%.

Таким образом, изменение методики взаимодействия участников процесса реализации проектов реновации может стать более эффективной и продуктивной, что отразится на финансовых результатах проекта. Поэтому проработка новых методик, а также корректировка схемы и порядка взаимодействия участников процесса является целесообразной с экономической точки зрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление правительства №497-ПП «О Программе реновации жилищного фонда в городе Москве». [Текст]
2. Постановление правительства № 245-ПП «Об учёте мнения населения по проекту реновации жилищного фонда в городе Москве»;
3. Постановление правительства № 708-ПП «Об утверждении Адресного перечня кварталов (территорий);
4. Постановление правительства № 515-ПП «Об утверждении Базовых требований к благоустройству территории жилой застройки при реализации Программы реновации жилищного фонда в городе Москве»;
5. Постановление правительства № 516-ПП «Об утверждении Требований к улучшенной отделке равнозначных жилых помещений, предоставляемых взамен жилых помещений в многоквартирных домах;
6. Хохлов О.Б. Кандидатская диссертация: Оценка эффективности проектов и программ реновации жилищного фонда. – Томск, 2006 г.
7. Жарков И.С. Кандидатская диссертация: «Развитие инструментария инвестиционного проектирования объектов недвижимости при реновации». Воронеж, 2020 г.
8. Нежникова Е.В. Докторская диссертация: «Формирование стратегических приоритетов развития жилищной отрасли на основе создания конкурентоспособных объектов жилищного строительства» - Москва, 2017 г.
9. Русакова Я.Д. Кандидатская диссертация: Формирование стратегических приоритетов развития жилищной отрасли на основе создания конкурентоспособных объектов жилищного строительства. – Санкт-Петербург, 2012 г.
10. Прохорова Ю.С. Кандидатская диссертация: «Организационно-экономический механизм управления стоимостью строительства объекта в условиях государственного инвестирования», Москва, 2020 г.
11. Пастухов В.Э. Кандидатская диссертация: Рациональное использование городских земель в проектах реновации территории жилой застройки, Москва, 2022 г.
12. Смирнов Е.А. Кандидатская диссертация: «Развитие жилищной сферы крупного города на основе государственно-частного партнерства». Санкт-Петербург, 2010 г.
13. Слепухина И.Л. Кандидатская диссертация: «Формирование региональной системы управления обновлением городской жилой застройки». Москва, 2010 г.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ РФ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ: ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ВЫЗОВЫ

К.Ф. Галеев¹, Е.Э. Бовсуновский²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹Galeevkf@mgsu.ru

²Bovsunovski@list.ru

Аннотация

Строительство активно стало переходить на цифровой формат для достижения «цифровой зрелости». Цифровизация — улучшение существующих процессов путем внедрения информационных технологий, оптимизации и реинжиниринга, а также анализа данных для принятия решений. Переход на цифровой формат в России оценивается, как важнейший фактор для будущего развития нашей страны. Переход на цифровые рельсы позволит повысить конкурентоспособность и эффективность бизнеса, поспособствует росту экономики и качеству жизни населения. Сегодня Россия находится на этапе цифровой индустриализации. Строительство на протяжении всего существования России является неотъемлемым элементом российской экономики. Строительная отрасль России сегодня переживает ряд вызовов и изменений, это связано с быстрым развитием технологий, а также цифровизацией всех отраслей экономики. Основные проекты, составляющие этот процесс, перечислены в распоряжении Правительства РФ № 3883-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года».

Ключевые слова: строительство, цифровая экономика, цифровизация, инвестиционно-строительный процесс.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня развитие строительной отрасли проходит активно, а значит перед ней появляются новые вызовы. Одним из механизмов ускорения развития отрасли и решения проблем является цифровизация. Всё больше строительных компаний переходят на цифровой формат, но, к сожалению, на сегодняшний день уровень цифровизации отрасли находится на низком уровне. Основным локомотивом в переходе на цифровые рельсы является государство.

Установки государственных органов к цифровому процессу

В ходе реализации стратегического направления будут внедрены следующие технологии:

- технологии информационного моделирования;
 - технологии обработки больших данных;
 - технологии систем распределенного реестра;
 - технологии виртуальной и дополненной реальностей;
 - технологии быстродействующих систем обработки информации;
 - технологии пространственного анализа и моделирования;
 - технологии в области искусственного интеллекта;
 - технологии интернета вещей;
 - технологии проводной и беспроводной передачи данных;
 - технологии телеметрии;
 - технологии микроэлектроники и радиоэлектроники.
- Указанные технологии будут применены:
- при формировании графика строительства;
 - при оказании государственных и муниципальных услуг;
 - при формировании реестра нормативно-технических документов в машинопонимаемом и человекочитаемом виде;

- при реализации строительного надзора и строительного контроля;
- при реализации концепции "умный дом".

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Цифровая трансформация — глубокая реорганизация бизнес-процессов с широким применением цифровых инструментов для их исполнения, которая приводит к существенному (в разы) улучшению их характеристик (сокращению времени выполнения, исчезновению целых групп подпроцессов, сокращению ресурсов, затрачиваемых на выполнение процессов) и/или появлению принципиально новых их качеств и свойств.

Модель цифровой трансформации строительной отрасли базируется на трех основных целях, которые должны достигаться комплексно:

- Повышение цифровой зрелости отрасли
- Цифровая трансформация процессов и услуг
- Внедрение информационных технологий на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства

Цифровизация в строительной отрасли находится на низком уровне и отстает от других сфер и отраслей. К сожалению, многие участники ИСП не понимают, что цифровизация позволяет решить множество проблем в отрасли.

Основная проблема в строительной отрасли, это высокие непроизводительные расходы. Погрешность составляет 7-30% от стоимости проекта. И здесь влияют несколько факторов:

- Устаревшие нормативы производительности и старые методы календарно-сетевое планирования;
- Низкий менеджмент инвестиционно-строительной деятельности;
- Координация между участниками проекта находится на низком уровне;
- Низкий уровень цифровизации и автоматизации.

Некоторые строительные компании принимают цифровизацию и видят в ней плюсы, а некоторые компании не глядя внедряют их, потому что так модно. Соответственно получается, что происходит разделение, на тех, кто применяет их в правильном направлении и на тех, кто просто их внедрил, но использует неправильно.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Без применения цифровых технологий застройщики тратят 80% времени на поиск информации, и только 20% времени остается на принятие решений. Всё это влечет за собой некоторые важные аспекты, которые влияют на строительство.

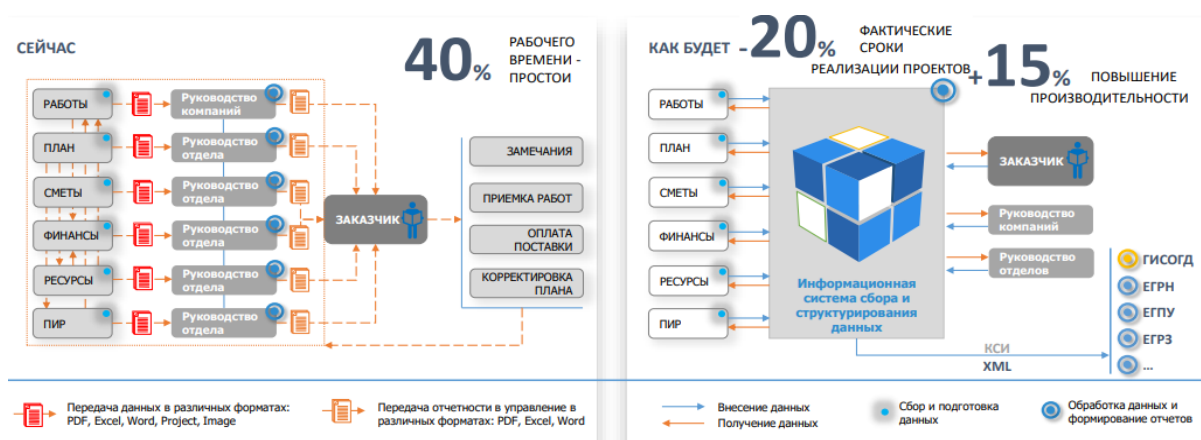


Рис. 9 сравнение при переходе на цифровой формат

Существуют три основные группы проблем, стоящие перед строительной отраслью в процессе перехода на цифровые рельсы:

- Технологические и технические проблемы;
- Экономические проблемы;
- Организационно-управленческие проблемы.

При рассмотрении технологических и технических проблем необходимо рассмотреть недостатки российских решений:

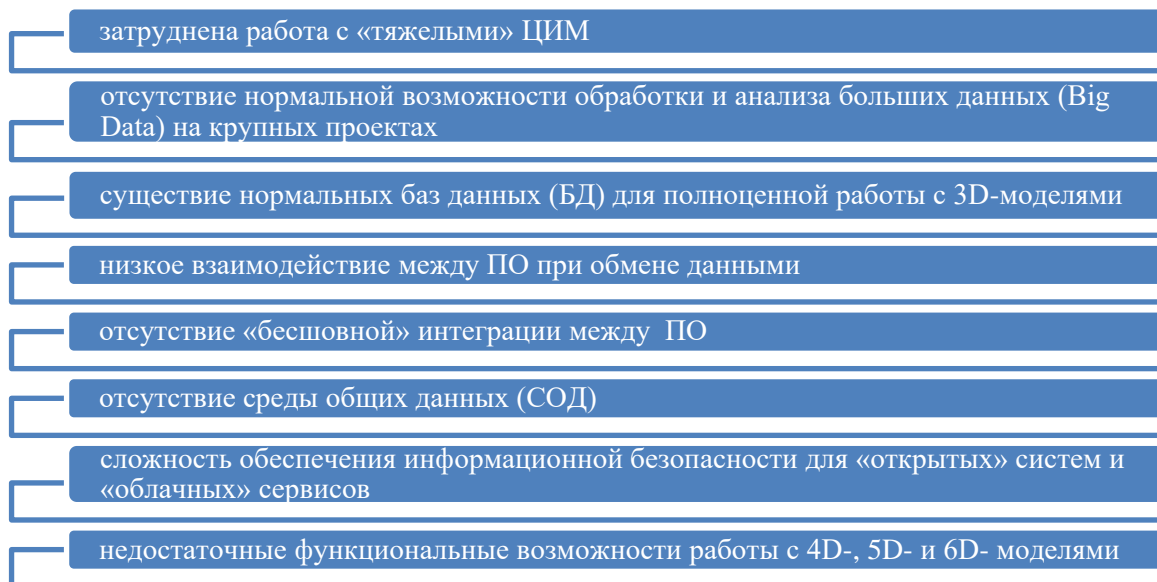


Рис. 10 недостатки российских решений в цифровой трансформации

Если посмотреть статистику, то на стадии проектирования и эксплуатации российские СОД и САПР используются на 50–70%, на 10–30% в строительстве, и всего лишь на 5% на инвестиционной фазе.

На рисунке 3 представлены экономические причины, которые мешают российским застройщикам перейти на цифровой формат.

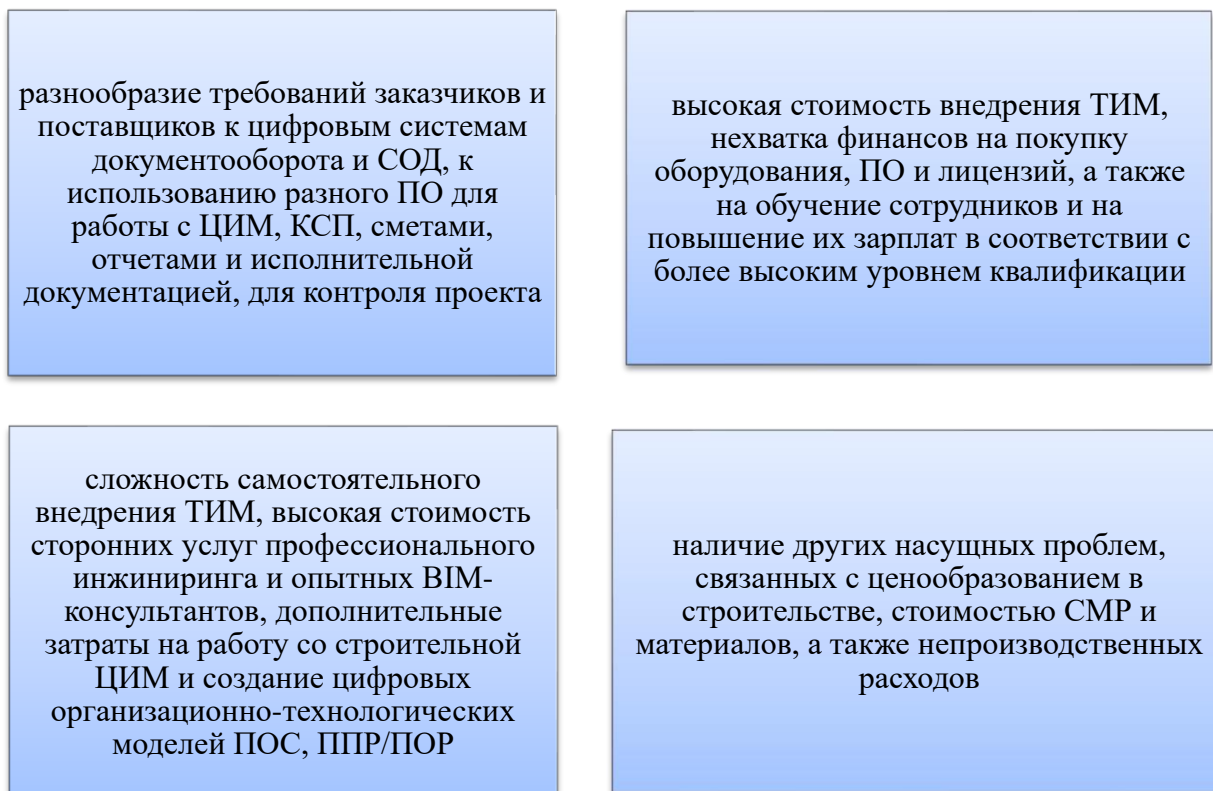


Рис. 11 Экономические причины, тормозящие цифровизацию

Основная организационно-управленческая проблема, с которой столкнулись в процесс перехода на цифровые рельсы – это процесс взаимодействия участников ИСП с применением цифровых технологий. Некоторые участники до сих пор не понимают зачем им переходить на цифру.

УЧАСТНИК СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА		ПЕРЕХОД НА ЦИФРУ
	ГОСУДАРСТВО	<input checked="" type="checkbox"/>
	ЗАКАЗЧИК	<input checked="" type="checkbox"/>
	ПРОЕКТИРОВЩИК	<input checked="" type="checkbox"/>
	ПОДРЯДЧИК	<input type="checkbox"/>

Рис. 12 готовность участников ИСП к переходу на цифровой формат

На сегодняшний день стоит острый вопрос в переходе на цифровой формат подрядчиков. Как правило, субподрядчики, это небольшие организации, которые работают здесь и сейчас. Они не смотрят далеко вперед в своем бизнесе, им необходимо получить прибыль сегодня. Да, при цифровизации идет процесс сокращения затрат за счет

сокращения времени, но процесс перехода на цифровизацию это долгий и трудоемкий. Поэтому субподрядчики не понимают зачем им это.

В настоящее время в приоритетном порядке нужно развивать несколько направлений цифровизации:

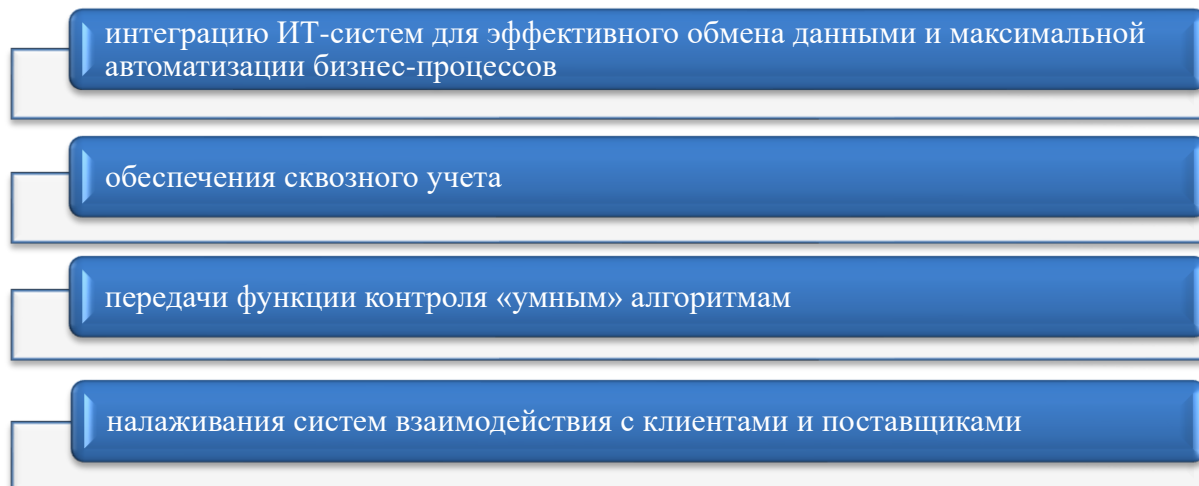


Рис. 13 Направления развития цифровизации

ВЫВОДЫ

На основе своевременных и достоверных полученных данных, вытекающие благодаря цифровизации, строительные компании могут принимать более обдуманные управленческие решения. Отсюда получаем, что мы можем проанализировать критические точки, проследить фактическое состояние продуктов и проверить успешное выполнение технологий.

Грамотное и эффективное принятие решений используя полученные данные это основной плюс в применении цифровых. Строительные компании получают полную картину только тогда, когда начнут применять их ко всему проекту. Для этого необходимо автоматизировать сбор необходимых данных, для дальнейшей цифровой обработки и анализа этих данных. Для этого необходимо визуализация и интеграция самой разной информации с применением этих инструментов.

На сегодняшний день всё больше строительных компаний понимают необходимость в использовании цифровых инструментов, ведь они дают компании конкурентное преимущество. К примеру, цифровые инструменты снизят затраты на издержках в инфраструктурном и промышленном строительстве, где маржинальность низкая.

Крупные строительные компании рано или поздно обратятся к цифровизации. Без применения цифровых технологий на сегодняшний день эффективное управление стройкой невозможно. Без цифровых инструментов 80% времени компании будут тратить на сбор необходимой информации, а только 20% на принятие решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляева С.В., Уварова С.С., Канхва В.С., Галеев К.Ф. Цифровизация строительства: проблематика и ключевые направления в современных условиях импортозамещения Дата обращения: 07.12.23.
2. Канхва В.С., Направления совершенствования инвестиционно-строительного проектирования в условиях цифровой экономики/ Канхва В.С., Сонин Я.Л.// Вестник Алтайской академии экономики и права. 2021. № 6-1. С. 61-68. 2012. Дата обращения: 07.12.23.
3. Паненков, А.А. Управление цифровой трансформацией при реализации инвестиционно-строительных проектов дис.... канд. экон. наук: 08.00.05 / Паненков Андрей Анатольевич. - Воронеж, 2020. - 210 с. 18. Дата обращения: 07.12.23.
4. Отчет по исследованию "Уровень применения BIM в России 2019" [Электронный ресурс]. - Режим доступа:
http://concurator.ru/information/bim_report_2019/?fbclid=IwAR2OVYwWqYXgNAC8MJeyNK_kg-bboku_TyYuRwefgj4OQ7LAvM-EeQC8Y Дата обращения: 07.12.23.
5. Уварова С.С., Цифровизация строительства в проекции теории организационно-экономических изменений / Уварова С.С., Паненков А.А., Сонин Я.Л.// Экономика строительства. 2020. № 1 (61). С. 31-39. Дата обращения: 07.12.23.
6. Результаты исследования проблем внедрения технологии информационного моделирования в инвестиционно строительных проектах российских компаний - отчет/Москва НИУ МГСУ 2022, С-28 28. Дата обращения: 07.12.23.
7. Галеев К.Ф., Канхва В.С. Современное состояние и перспективы внедрения тим в строительстве, В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института экономики, управления и коммуникаций в сфере строительства и недвижимости НИУ МГСУ. Москва, 2022. С. 495-498. Дата обращения: 07.12.23.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АУТСОРСИНГА И КРАУДСОРСИНГА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Я.В. Сырцов¹, С.М. Бороздина²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹y9262266680@yandex.ru

²BorozdinaSM@mgsu.ru

Аннотация

В современном мире строительство является одной из самых динамично развивающихся отраслей экономики. Каждый год появляются новые технологии и методы строительства, что требует от компаний высокой квалификации и компетентности в данной области. Необходимость пересмотра текущих процессов в сторону совершенствования была подчеркнута Правительством РФ в 2022 году [1] и им же задано направление развития строительной отрасли, которое должно быть нацелено на качественное решение проблем, связанных с экономическим развитием страны, повышением уровня жизни населения и конкурентоспособности на мировом рынке.

Целью исследования является проведение сравнительного анализа эффективности механизмов аутсорсинга и краудсорсинга через призму деятельности строительных компаний, полученные результаты могут быть полезными для практикующих специалистов в области управления инвестиционно-строительными проектами.

Актуальность темы состоит в том, что аутсорсинг и краудсорсинг являются рабочими инструментами повышения эффективности внутренних и внешних процессов компаний в разнообразных сферах деятельности, не исключение в данном случае и инвестиционно-строительная сфера.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях современного рынка строительные компании сталкиваются с необходимостью оптимизации процессов и повышения эффективности своей деятельности. В связи с этим все чаще встречается использование механизмов аутсорсинга [2] и краудсорсинга, поскольку они позволяют повысить скорость выполнения задач, снизить себестоимость выполнения отдельных процессов и в целом улучшить существующие процессы.

Термин «аутсорсинг» был заимствован из английского языка и в переводе означает «использование внешних ресурсов». Основным принципом аутсорсинга является возмездное оказание услуг или выполнение работ на основании заключаемого договора.

Термин «краудсорсинг» также был заимствован из английского языка и переводится как «использование ресурсов толпы». Основным принципом работы краудсорсинга является безвозмездность обмена опытом и информацией из различных источников.

Рейтинг популярности по видам аутсорсинга в российских компаниях

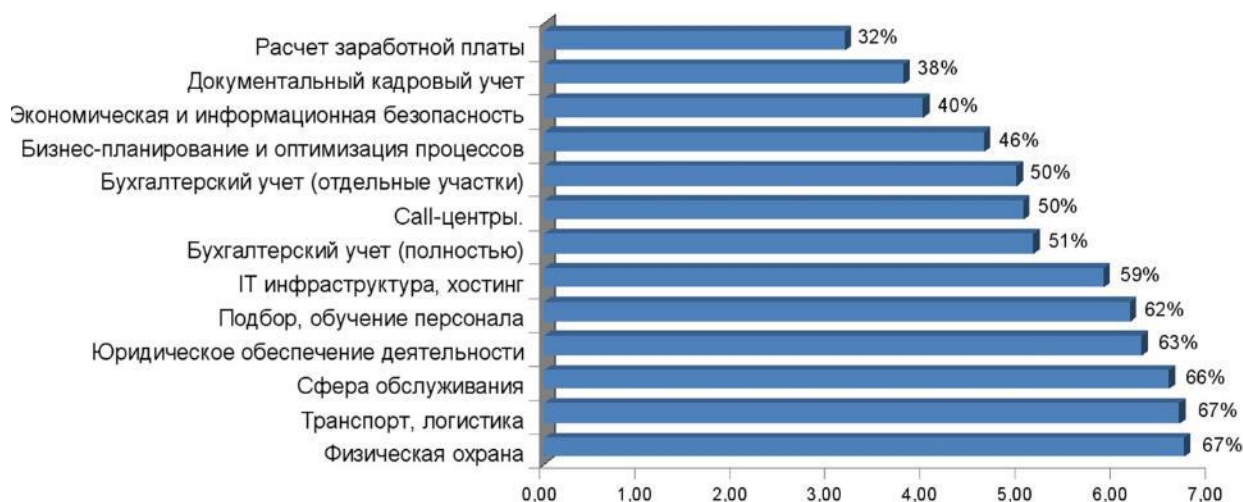


Рис. 1. Рейтинг популярности по видам аутсорсинга в российских компаниях [1]

Проведем сравнительный анализ эффективности использования механизмов аутсорсинга и краудсорсинга в деятельности компаний (таблица 1).

Табл. 1 Сравнительный анализ аутсорсинга и краудсорсинга

Рассматриваемый параметр	Аутсорсинг	Краудсорсинг
Бюджет	Надежный и эффективный инструмент в условиях, позволяющих компании привлечение дорогостоящих внешних экспертов для решения сложных задач, требующих узкопрофильные специальные знания и опыт.	Более доступный вариант при ограниченном бюджете. Разные участники предлагают свои идеи и способы решения проблем по более низкой цене, чем привлечение третьих лиц или найм штатной рабочей силы.
Инновации	Наличие экспертного опыта позволяет точно внедрять инновации в существующие процессы или использовать их при решении нетипичной задачи.	Привлечение широкой аудитории позволяет получить уникальные варианты решения сложных задач и повысить эффективность существующих процессов.
Размер компании	Для мелких и средних компаний, не имеющих достаточного опыта, получение доступа к специализированным ресурсам и специфическому опыту интереснее использование аутсорсинга, в связи с наличием у него этих механизмов. В случае с крупными компаниями аутсорсинг является менее эффективным, в связи с наличием достаточного количества внутренних ресурсов и опыта для достижения поставленных целей самостоятельно.	Эффект от использования краудсорсинга различен для крупных и небольших компаний. В случае с крупными компаниями характерен эффект новизны, полученной от свежих взглядов на существующие процессы и решение новых задач. В случае с небольшими компаниями [4], этот механизм дает колоссальный эффект и позволяет выявить существующие разрывы в процессах для последующего формирования успешной рыночной стратегии компании.

Тип проекта	В зависимости от специфики выбираемого проекта, аутсорсинг является приоритетным, в случае необходимости наличия специальных знаний, опыта и получения гарантий на выполняемые работы или оказываемые услуги.	Для успешной реализации проектов, требующих инновационных идей и участия коллективного разума лучше подходит краудсорсинг.
Сроки	При наличии жестких сроков данный механизм является приоритетным, в связи с наличием опыта и ресурсов скорость выполнения будет выше.	При наличии достаточного количества времени, в том числе для его апробации при внедрении – этот способ глубже, поскольку является масштабнее за счет объема получаемой информации и количества новых идей.
Квалификация персонала	При отсутствии квалифицированных внутренних специалистов для решения специфических задач привлечение третьих, высококвалифицированных лиц, имеющих необходимые ресурсы и опыт является наиболее предпочтительным.	При наличии в компании квалифицированных специалистов, привлечение широкой аудитории позволяет обновить существующие знания и простимулировать профессиональный рост внутренних специалистов.
Контроль качества	В связи с наличием квалифицированных специалистов, специального опыта и апробированных инструментов, а также предоставлением гарантий выполненных работ или услуг, данный метод является единственным, который может обеспечить контроль качества.	В зависимости от типа проекта, возможность использования идей, полученных при использовании краудсорсинга, возможно проверять методом экспертизы качества с использованием механизма аутсорсинга.

Таким образом, можно сделать вывод, что механизм аутсорсинга позволяет обеспечить компанию специализированными знаниями, ресурсами и опытом, что является остро необходимым в случае их отсутствия у компании-заказчика для успешного достижения поставленных специфических целей задач. В случае применения этого механизма необходимо учитывать гарантии исполнителями качества предоставляемых работ или услуг и ответственность в случае их нарушения.

Использование метода краудсорсинга позволяет привлечь большую аудиторию, объединенную одной целью, но для достижения необходимых результатов, необходимо управление в части регулирования хода мыслей участников, чтобы избежать хаоса в потоке информации и улучшить качество получаемых идей.

Немаловажным перед началом применения организацией аутсорсинга или краудсорсинга является выбор надежной и квалифицированной организации исполнителя, подбор участников краудсорсинга, а также принципиальное понимание гибкости компании-заказчика по отношению к возможности дальнейшего применения предложенных способов и полученных идей.

Также следует отметить, что возможны гибридные варианты использования обоих механизмов и это допускается, если конкретной строительной компании хватит необходимых для этого ресурсов.

Бизнес-модель

Попробуем смоделировать применение аутсорсинга и краудсорсинга строительной компанией, условно это будет застройщик ООО «N», который планирует построить нежилое офисное здание.

В случае с использованием аутсорсинга ООО «N» может привлечь внешние ресурсы в виде третьих лиц, которым будут переданы определенные бизнес-процессы, например такие как: проектирование здания и юридическое сопровождение деятельности компании. Привлекая сторонние организации для выполнения этих задач ООО «N» будет иметь квалифицированную и гарантированную поддержку в решении задач по проектированию здания, согласованию проекта в государственных контролирующих органах, получению соответствующих разрешений и юридическому сопровождению процесса строительства здания, сопровождению деятельности самого застройщика и его защиты от возможных нарушений действующего законодательства и нарушений со стороны третьих лиц, нарушающих его права.

Краудсорсинг в свою очередь представляет собой решение облегченных задач в части ответственности. Стоит отметить, что в случае утяжеления данного процесса жесткими рамками и индивидуальной ответственностью негативным образом отразится на результатах этого процесса, поскольку в конечном счете сведет на «нет» весь замысел краудсорсинга.

Застройщик может организовать конкурс по разработке дизайн-проекта или архитектурной модели будущего здания, чтобы инициировать процесс краудсорсинга по сбору идей, где участники предложат свои проекты и модели, что позволит в последующем выбрать финалиста и реализовать этот нетривиальный проект.

Выделим некоторые факторы, которые могут оказать решающее влияние на принятие окончательного решения о выборе застройщиком ООО «N» соответствующего механизма (таблица 2).

Табл. 2

Бюджет	В случае ограниченного бюджета, применение краудсорсинга является более доступным механизмом по сравнению с аутсорсингом.
Сроки	В случае ограниченности в сроках достижения целей, аутсорсинг является приоритетным в связи с имеющимся опытом и ресурсами, что в свою очередь увеличивает скорость выполнения поставленных задач.
Инновации	В случае, если перед компанией стоит цель в получении нестандартных проектов и инновационных подходов к их реализации, то более эффективен механизм краудсорсинга.
Контроль качества	Для целей контроля качества аутсорсинг является приоритетным, в связи с предоставлением исполнителем соответствующих гарантий качества. Помимо этого, застройщик имеет возможность выбрать компанию-исполнителя, в том числе в зависимости от объема предоставляемых ей гарантий качества.

Проектирование и последующее строительство зданий, а также составление архитектурно-градостроительного решения будущего здания регулируется и согласовывается государством и учитывая то, что строительство является источником повышенной опасности, то на конкретном рассмотренном примере можно сделать вывод о том, что эффективной будет модель, в которой краудсорсинг используется для получения идей для проектирования и дизайн-проекта, а аутсорсинг является источником проверки качества инновационного проекта для последующего его согласования в уполномоченных органах и его физического воплощения.

ВЫВОДЫ

Взвесив все «за» и «против» можно сделать вывод, что аутсорсинг эффективен в случае наличия у исполнителя необходимых ресурсов, опыта и предоставления гарантий качества работ или услуг. Риск потери контроля над качеством предоставляемых услуг или работ нивелируется для заказчика условиями заключаемого договора в части ответственности исполнителя в случае потери качества.

Краудсорсинг эффективен для получения широкого спектра идей в связи с участием большого количества исполнителей.

Следовательно, в рассмотренных механизмах аутсорсинга и краудсорсинга используются разные принципы работы и применение одного или второго возможно в зависимости от конкретной ситуации и качества исходных данных. Несмотря на это, их одновременное применение в рамках одной строительной компании, но в отношении разных процессов, может быть даже более эффективным, чем их использование по отдельности друг от друга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Распоряжение Правительства РФ от 31 октября 2022 года №3268-р «Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года».
2. Логистика на аутсорсинге: цели и преимущества // Режим доступа: <https://www.ablcompany.ru/news/logistika-na-auteursinge-celi-i-preimushchestva>
3. Стародубцева О.А. Отличительные особенности производственного аутсорсинга от производственного краудсорсинга // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2017. №2 (39). С. 93-96.
4. Интернет издание «РБК Тренды» «Мудрость толпы: плюсы и минусы краудсорсинга» // Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/innovation/60d1b8059a7947c4c6cf7b5d> .
5. «Construction Management for Industrial Projects», автор Mohamed A. El-Reedy, изд.: Scrivener Publishing LLC. Co-published by John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, Canada, 2011. – 414 с.

АКТУАЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ ОПОРНЫХ ЗОН РАЗВИТИЯ В КОНТЕКСТЕ ВОЗВЕДЕНИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

И.С. Носков¹, С.М. Бороздина²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹Nosck0v.i@yandex.ru

²BorozdinaSM@mgsu.ru

Аннотация

Актуальность темы исследования обусловлена повышением значимости роли Арктической Зоны Российской Федерации (далее — АЗРФ) и Северного Морского Пути (далее — СМП), в частности, в совершенствовании различных аспектов строительной отрасли страны, достижения целей национальной и экономической безопасности государства. Широкая система льгот и преференций, предлагаемая в рамках ведения финансово-хозяйственной деятельности в Арктике, открывает широкие перспективы по сокращению совокупных затрат и инвестиционных вложений, осуществляемых основными акторами хозяйственной деятельности в данном регионе, однако, суровые климатические условия, низкий уровень инфраструктурного развития региона в целом, а также большая совокупная площадь АЗРФ являются существенными барьерами в достижении целей устойчивого экономического развития отечественной Арктики.

Стоит отметить, что увеличивающееся количество государственных программ и инициатив, направленных на привлечение инвестиций в регион является наиболее весомым подтверждением стратегической важности АЗРФ, как нового региона интенсифицированного развития, требующего новых наукоемких решений, как в строительной отрасли, так и на иных направлениях хозяйственной деятельности. Однако, ряд сдерживающих факторов, таких как более скорый износ конструкций в условиях Крайнего Севера, неравномерность развития приарктических районов, разные погодноклиматические условия в Западной и Восточной Арктике, а также ряд технологических ограничений, связанных с напряженной геополитической обстановкой, ставят вопрос многовекторного развития Арктики на первый план.

Существующие методы оценки экономической целесообразности возведения основных фондов, однако, не обладают способностью оперативной трансформации из количественной в качественную форму и не позволяют унифицировать процесс принятия решений на всех уровнях управления для лиц, которые заинтересованы в ведении деятельности в АЗРФ. По этой причине авторы статьи предлагают изучить в совокупности факторы, влияющие на принятие ОИР в регионе, а также выявить основные барьеры развития строительной отрасли для систематизации знаний о строительстве в российской Арктике. Результатом исследования является разработанный перечень факторов, влияющих на оценку финансово-хозяйственной деятельности предприятий ИСС в АЗРФ, обладающих качественной и структурированной формой представления.

ВВЕДЕНИЕ

Циркумарктический пояс огромным кольцом охватывает окраины континентов и многочисленные острова вокруг Северного Ледовитого океана. Его недра богаты не только металлами различных типов (цветными, черными и редкоземельными), а также алмазами, минералами и, несомненно, крупнейшими залежами углеводородов. Стоит отметить, что только по предварительным подсчетам недра Арктики таят в себе около 30 трлн. долларов совокупной стоимости всей минерально-сырьевой базы региона [1]. Ввиду географического расположения России, Арктический регион традиционно является зоной ее повышенного экономического интереса [2].

В свою очередь, строительная отрасль РФ продолжает занимать важную роль в обеспечении устойчивого экономического развития страны, сохраняя весомую долю в объеме отечественного ВВП [3]. Несмотря на геополитическую нестабильность, отрасли удается обеспечивать свою капиталоемкость благодаря значительному притоку инвестиционных вложений в объекты строительства и сопутствующего производства, поддерживая достойный уровень трудовой занятости населения. Одним из ключевых документов регулирующих перечень мер и мероприятий по улучшению хозяйственного состояния отрасли является «Стратегия развития строительной отрасли», которая утверждена в соответствии с иными документами стратегического развития различных отраслей и учитывает нормативно-правовую базу, обеспечивающую правоприменимость положений упомянутой ранее стратегии [4].

Таким образом, оба вышеуказанных аспекта устойчивого экономического развития РФ являются закономерным дополнением друг друга в контексте достижения стратегических целей и задач развития отечественной экономики в долгосрочной перспективе. Основная задача заключается в создании инструментов и методов сбалансированного пространственного развития, направленных на рациональное распределение ресурсов и экономической активности субъектов экономики. Отсутствие комплексного подхода при использовании инструментов территориального планирования в АЗРФ приводит к появлению инфраструктурных ограничений, вызванных отсутствием последовательного решения на изменившийся характер производственных отношений, установившийся отрасли [4]. Предполагается, что решение инфраструктурных и пространственных проблем лежит в необходимости формирования принципиально новых инструментов экономического развития, складывающихся в создании новых ячеек каркаса государственного развития в Арктике – опорных зон развития (далее — ОЗР), которые обеспечат надлежащий уровень коммуникации и контроля для удовлетворения как социальных запросов населения, так и стратегических целей развития государства [5,6,7].

В этой связи ОЗР способны решить задачу пространственной координации государственных субъектов в Арктике, а также представителей РСПП и ИСС, преобразовав их в единые структуры, консолидированные на развитие АЗРФ и создание своей добавочной стоимости. Однако недостаточная актуальность существующих механизмов оценки экономической целесообразности возведения тех или иных основных фондов в ОЗР для отдельных предприятий ИСС в их взаимодействии с органами государственной власти с точки зрения консолидации управленческой и стратегической составляющих формирует ключевую цель исследования, заключающуюся в разработке комплексного механизма оценки экономических барьеров развития ОЗР, находящихся на стыке государственных и корпоративных интересов в Арктике. На сегодняшний день применяемые методы финансово-хозяйственного анализа обладают универсальностью применения по отношению к Арктике в целом в независимости от специфики той или иной опорной зоны. Стоит отметить, что концепция ОЗР подразумевает под собой многовекторное развитие 8 субъектов Федерации с разными природно-климатическими условиями, ледовой обстановкой и уровнем развития инфраструктуры, особенно в северных регионах.

Основными векторами развития Опорных Зон являются Минерально-сырьевые центры, Транспортная инфраструктура АЗРФ и освоение залежей континентального шельфа северных морей Российской Федерации. Стоит отметить неоднородность развития арктических регионов РФ из-за разнящихся климатических условий, так, например, в восточной части АЗРФ крупнейшим городом является Анадырь с населением всего в 15,6 тыс. человек [8]. В контексте освоения минерально-сырьевой базы подразумевается интенсификация добычи полезных ископаемых каждой Опорной Зоны Развития, а также привлечение квалифицированных специалистов на места. Развитие транспортной инфраструктуры АЗРФ предусматривает реконструкцию портов СМП и рек Ленского бассейна, а также аэропортов регионального и местного значения для создания единой транспортной структуры.

Таким образом, учитывая необходимость в реконструкции и возведении новых основных фондов на территориях ОЗР, а также учитывая специфику государственных программ, подразумевающих привлечение новых квалифицированных кадров на территории во многом с устаревшей или отсутствующей инфраструктурой, роль и место отечественного строительного комплекса в реализации стратегических планов развития, а также мастер-планов по развитию опорных арктических городов является приоритетной задачей. При этом, учитывая тяжелую геополитическую ситуацию и последствия кризисов 2020 и 2022 годов, важность разработки и применения механизмов снижения затрат при возведении специальных объектов в Арктике также выходит на первый план. Стоит отметить, что несмотря на активное формирование статистической базы, на сегодняшний день не существует таргетированной выборки по опорным зонам, таким образом, для создания рейтинга ОЗР необходимо использовать муниципальное образование в качестве сравнительной единицы анализа, так как только 4 субъекта федерации входят в опорные зоны полностью. Таким образом, суммирование муниципальных показателей позволит составить репрезентативный рейтинг ОЗР для более качественного анализа экономической целесообразности развития каждой отдельной зоны на определенном горизонте планирования.

Расчет рейтингов зон по каждому показателю и сводному рейтингу составлялся по авторской методике. Основным источником статистических данных и информации по каждой ОЗР являлись данные Росстата, паспорта муниципальных образований, а также дополнительные данные об исполнении муниципальных бюджетов и иные сведения были собраны на сайтах соответствующих ведомств.

Табл. 1. Общая информация об ОЗР

Опорная зона развития АЗРФ	Общие показатели характеристик опорных зон			
	Площадь, кв.км.	Население на 01.01.2020, чел.	Доля городского населения, %	Социальная плотность населения, чел./кв.км.
Архангельская	185 617	640 557	92,9 %	3,5
Кольская	139 523	741 404	92,2 %	5,3
Ненецкая	176 810	44 111	73,8 %	0,3
Таймыро-Туруханская	1 096 095	229 411	90,7 %	0,2
Карельская	43 377	40 528	67,7 %	0,9
Ямало-Ненецкая	769 667	544 444	83,9 %	0,7
Воркутинская	24 180	73 123	99,4 %	3
Чукотская	723 489	50 288	71,5 %	0,07
Северо-Якутская	593 875	67 652	38,9 %	0,1

Анализ выявил контрастные различия ОЗР по ряду параметров, таких как: площадь, численность населения и его социальная плотность. Общим фактором для всех опорных зон является фактор преобладающего количества городских жителей, за исключением Северо-Якутской ОЗР. Также стоит отметить низкую среднюю плотность автодорожных сетей (менее 1% от протяженности всех дорожных сетей Российской Федерации). Более того, традиционно, арктические территории РФ делятся на старо-индустриальные и ново-

индустриальные [6]. Данное разделение базируется на определенной степени разработанности минерально-сырьевой базы региона, географических и климатических условиях, а также доле присутствия крупного бизнеса в ОЗР. Таким образом, те субъекты Федерации, которые расположены преимущественно в Западной части российской Арктики и обладающие большей долей присутствия крупных добычных компаний характеризуются более развитой логистической и инфраструктурной сетью, а также большей инвестиционной привлекательностью для ИСС.

Табл. 2. Рейтинговая оценка ОЗР в контексте ИС

Опорная зона развития АЗРФ	Показатели, использованные для рейтинга				
	Динамика численности населения, %	Плотность населения, чел./кв.км.	Географическое расположение	Доля налоговых и неналоговых доходов, %	Сводный рейтинг
Архангельская	-0,5	3,5	Западная	78,5	3,5
Кольская	-0,9	5,3	Западная	73,0	4
Ненецкая	0,6	0,3	Западная	78,4	3,75
Гаймыро-Туруханская	0,2	0,2	Восточная	56,6	3
Карельская	-2,6	0,9	Западная	55,3	3,25
Ямало-Ненецкая	0,5	0,7	Западная	37,2	5
Воркутинская	-2,2	3	Западная	46,9	4
Чукотская	1,3	0,07	Восточная	32,0	4,5
Северо-Якутская	-0,04	0,1	Восточная	35,4	3,5

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результатом предварительного анализа ОЗР является рейтинг инвестиционной привлекательности опорных зон развития для инвестиционно-строительного комплекса. Стоит отметить, что лидирующие позиции рейтинга заняты теми ОЗР, в которых наблюдается сбалансированность экономики (соотношение добычи и переработки минерально-сырьевых ресурсов) и инфраструктурного комплекса, особенно выделяются Ямало-Ненецкая и Кольская опорные зоны. В них, а также в Чукотской ОЗР (в перспективе) будут сформированы главные элементы индустриально-транспортного каркаса АЗРФ в рамках концепции развития СМП. Стоит отметить, что данный рейтинг также обращает внимание на дисгармонию инфраструктурного развития некоторых ОЗР, что является индикатором необходимости развития логистических цепочек непосредственно в данных опорных зонах за счет строительства новой или реконструкции старой портовой инфраструктуры, а также прокладки новых железных дорог с последующим подключением их к федеральной ж/д сети.

Подобный дисбаланс в развитии территорий обусловлен зачастую монопрофильной специализацией региона, что, безусловно, тормозит многовекторное развитие инфраструктуры, необходимой для достижения стратегических целей по развитию отечественной Арктики. Транспортная недоступность является одним из главных ограничений для возведения основных фондов в АЗРФ, что неблагоприятно влияет на развитие строительного сектора в данном регионе.

В рамках развития СМП и ОЗР, инфраструктурное развитие является ключевым фактором освоения арктических территорий и достижения стратегических целей развития РФ. Одним из важнейших аспектов развития подобной инфраструктуры является строительство и развитие морских логистических узлов для обеспечения круглогодичной навигации по Северному Морскому Пути. Предварительная оценка ОЗР, на основании вышеуказанного рейтинга с акцентом на пропускную способность региона в контексте морской транспортировки, проведенная с помощью открытых источников, выявила следующее:

1. Развитие инфраструктуры — Архангельская, Кольская, Карельская ОЗР;
2. Формирование инфраструктуры — Ямало-Ненецкая ОЗР;
3. Проектирование инфраструктуры — Ненецкая, Воркутинская, Северо-Якутская ОЗР;
4. Инфраструктура требует реконструкции и/или проектирования — Чукотская, Таймыро-Туруханская ОЗР;

ВЫВОДЫ

Предлагаемый авторами подход по оценке финансово-хозяйственного и инфраструктурного состояния ОЗР обладает универсальностью и простотой применения, поскольку предполагает изменения набора и совокупности показателей в зависимости от исследовательской необходимости, таким образом данная система ранжирования ОЗР по ряду константных и переменных коэффициентов позволит упростить процесс ОУР и ОИР, как для предприятий ИСС, так и для органов государственной власти с целью максимально эффективно распределять инвестиционные ресурсы для развития АЗРФ. Изложенная авторами методика предусматривает возможность вычленения и сравнения каждого из уровней рядом динамики с базисным, выявляя интенсивность изменений значений, что дает возможность абстрагироваться от изучения недостоверных групп показателей. При этом для объективности результатов исследования так же применяется и цепной метод расчета рядов динамики, направленный на сравнение двух рядов динамики – текущего и предыдущего.

Авторы исследования полагают, что дальнейшие исследовательские усилия следует оказывать в сторону моделирования процессов взаимодействия предприятий ИСС в ОЗР и осуществлению прогнозирования изменения показателей под действием различных внешних и внутренних факторов среды субъектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. WMT CONSULT,(n.d.). *Арктика: как разбудить "спящий" регион*. Журнал "Нефтегазовая Вертикаль". Retrieved May 10, 2022, from <http://www.ngv.ru/magazines/article/arktika-kak-razbudit-spyashchiy-region/>
2. Волков, А. В. Богатство Арктических недр / А. В. Волков // Золото и Технологии. — 2019. — Режим доступа: https://zolteh.ru/regions/bogatstvo_arkticheskikh_nedr/.
3. Строительство в России. 2020: Стат. сб. / Росстат. - М., С863 2020. – 113 с.
4. Проект стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года (Электронный ресурс: <http://static.government.ru/media/files/AdmXczBBUGfGNM8tz16r7RkQcsgP3LAm.pdf>
5. Андреева Е.Н. Опорные зоны в Арктике: новые веяния в решении старых проблем // ЭКО. 2017. №9 (519). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opornye-zony-v-arktike-novye-veyaniya-v-reshenii-staroh-problem>.
6. Дмитриева Т.Е., Бурый О.В. ОПОРНЫЕ ЗОНЫ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ: СОДЕРЖАНИЕ, РЕЙТИНГИ И ПРОЕКТЫ // ЭКО. 2019. №1 (535). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opornye-zony-razvitiya-rossiyskoj-arktiki-soderzhanie-reytingi-i-proekty>.
7. Указ Президента Российской Федерации "О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года" от 26.10.2020 № 645 // Собрание законодательства Российской Федерации
8. Сочнева, И. О. Добыча углеводородов на арктическом шельфе: старые мифы и современные реалии / И. О. Сочнева. — Москва : "МГИМО-Университет", 2021. — 337 с. — ISBN 978-5-9228-24224.

ВЛИЯНИЕ ПРЕИМУЩЕСТВ «ЗЕЛЁНОГО» СТРОИТЕЛЬСТВА НА РАЗВИТИЕ РЫНКА НЕДВИЖИМОСТИ

Шэнфэй Цзинь

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
chinajin@mail.ru

Аннотация

В условиях растущего глобального изменения климата и загрязнения окружающей среды набирает популярность новый тренд — концепция зелёного строительства. По сравнению с традиционными зданиями, «зелёные» здания призваны интегрировать такие понятия, как экологичность, энергосбережение и сокращение выбросов от строительства и эксплуатации зданий. Реализация такого подхода позволяет внести значительный вклад в защиту окружающей среды и здоровья городских жителей, которые в среднем проводят более 80% своего времени внутри зданий. Кроме того, «зелёные» здания приносят весьма значительную экономическую выгоду строительной отрасли. Предмет настоящего исследования — выявление влияния «зелёных» зданий на развитие рынка недвижимости. На основе анализа научно-методической литературы и нормативно-правовой документации выявлен ряд проблем, особое место среди которых занимают низкая техническая оснащённость участников рынка, высокие цены на экологичные материалы, недостаток мер и нехватка средств господдержки, а также представлен актуальный опыт и авторские предложения по улучшению перспектив развития «зелёного» жилищного строительства.

Ключевые слова: «зелёное» строительство; рынок недвижимости; экономика строительства; развитие стандартов недвижимости.

ВВЕДЕНИЕ

«Зелёное» строительство — это современная концепция архитектурного дизайна, которая основана на уважительном и бережливом отношении человека к природе и защите окружающей среды. Главными задачами концепции «зелёного» строительства является максимальное снижение загрязнения окружающей среды и ущерба во время строительства и эксплуатации зданий, а также формирование более здоровой искусственной среды. Надёжная «зелёная» архитектура должна как отвечать потребностям нынешнего поколения, так и не ставить под угрозу возможность удовлетворения потребностей будущих поколений.

При строительстве долговечных зданий необходимо учитывать как технические, так и экономические факторы, чтобы гарантировать, что это технически осуществимо и экономически целесообразно. По сравнению с традиционными зданиями, проекты «зелёных» зданий уделяют больше внимания экологии, ресурсам и окружающей среде и стремятся наиболее полно достичь целей устойчивого развития при строительстве и эксплуатации.

Проекты «зелёных» зданий обязаны принимать во внимание пять ключевых показателей: экономия энергии, экономия воды, снижение вредных выбросов, экономия стройматериалов и снижение количества отходов строительства. Кроме того, важное значение имеет надёжность проекта в долговременной перспективе, т.к. здание строится из расчёта, что его долгое время не будут сносить, а будут эффективно использовать несколько поколений людей. Вышеперечисленные пять ключевых показателей «зелёного» строительства описывают выгоды, которые оправдывают трансформацию строительной отрасли и переход на «зелёное» строительство уже в самое ближайшее время.

Однако, по оценкам Knight Frank, к 2020 г. в РФ было всего построено всего 177 прошедших официальную «зелёную» сертификацию строений, 46% из которых составили

офисные здания (из них 30 шт. – бизнес-центры в Москве), а 24% и 15% относятся к торговой и складской недвижимости соответственно [8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Цель исследования была достигнута с использованием комплекса научных методов, включая анализ соответствующей научно-методической литературы и нормативной документации, в частности по внедрению «зелёного» строительства и экономической выгоде. В частности, на полученные результаты существенное влияние оказали труды А.В. Аврорина по экологическому домостроению [6], Ю.В. Ивановой по экологичному жилищному строительству [7], Т.Г. Ключевой по представлению экологичности «зеленых» зданий как фактору повышения эффективности жилищного строительства [13], М.Ю. Мишдановой, рассматривающей «строительство – среда жизнедеятельности» как эколого-экономическую систему [14], и ряда других ученых и исследователей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С экономической точки зрения, зелёные здания могут снизить затраты предприятий (для промышленных сооружений) и жильцов (для жилого фонда) на эксплуатацию и техническое обслуживание после завершения строительства, а также повысить ценность и конкурентоспособность здания. «Зелёные» здания ориентированы на комплекс целевых показателей, таких как сокращение, точки зрения экономии энергии и водных ресурсов, снижение загрязнения окружающей среды и внутренней среды, снижение социальных затрат и т. д.

Чтобы значительно снизить энергопотребление, в «зелёных» зданиях используются высокоэффективные энергосберегающие технологии и оборудование, например, солнечная энергия, геотермальные тепловые насосы и др. Кроме этого, выбор делается в пользу строительных проектов, учитывающих выбор подходящей ориентации здания, улучшение изоляционных характеристик здания и использование энергоэффективных строительных материалов, что также может эффективно сэкономить потребление энергии.

Чтобы значительно снизить потребление водных ресурсов, в «зелёных» зданиях используются водосберегающие устройства, переработка и использование дождевой воды, а также оптимизация систем циркуляции воды. Концепция «зелёного» строительства ставит задачу популяризировать и продвигать использование водосберегающих устройств, таких как сантехника с низким расходом, высокоэффективные спринклеры и системы рециркуляции дренажных систем, которые могут эффективно использовать воду для удовлетворения повседневных потребностей людей, одновременно сокращая количество отходов.

Чтобы значительно снизить загрязнение окружающей среды, при проектировании и строительстве «зелёных» зданий уделяется внимание воздействию на окружающую среду и уменьшению выделения в атмосферу избыточного количества газов, сточных вод, мусора и других отходов.

К списку требований по улучшению внутренней среды концепция «зелёного» строительства относит сокращение выбросов CO₂, вредных газов, формальдегида и других летучих вредных веществ, а также внедрение новых нормативных требований к комфорту человека, которое также может повысить потребительскую ценность зданий и сократить расходы на техническое обслуживание и стоимость лечения.

Здание, построенное с учётом «зелёных» норм, также меньше нуждается в глубокой очистке (например, на фоне сокращения выбросов формальдегида в помещении).

Пандемия 2020 г. подчеркнула потребность людей, покупающих и арендующих недвижимость, в обеззараживании воздуха и биобезопасности жилья [8]. Развивается концепция «urban health» (с англ. «городского здоровья»): появляются новые требования к качеству воды и воздуха, возможностям бесконтактного входа в помещение и бесконтактного получения заказов через постаматы, возможностям моделирования

микrokлимата, более гибким настройкам освещённости, звукопроницаемости и температуры в помещении.

С точки зрения социальных издержек, внедрение «зелёных» зданий может способствовать здоровью и комфорту сотрудников компании-владельца или арендатора здания, привлекать и удерживать лучших сотрудников за счёт дополнительных экологических преимуществ, а также повышать эффективность производства и качество обслуживания потребителей, тем самым повышая операционную эффективность компании и долгосрочную прибыльность. Улучшенные условия труда позитивно влияют на эффективность труда сотрудников и их вовлечённость в работу компании. По данным United Technologies, исследование когнитивных способностей сотрудников в воссозданной офисной среде с улучшенными показателями состава воздуха, освещения и в отсутствие звукового загрязнения рабочего места показало рост измеряемых характеристик до 96% [10].

Ввод в эксплуатацию большего количества зданий, отвечающих «зелёным» стандартам, очевидно влияет на долю рынка, которую может занять компания-застройщик. Предложение эко-комплексов является серьёзным преимуществом при продажах в условиях высококонкурентного рынка недвижимости.

Инвестиционные учреждения отслеживают глобальный тренд на «зелёное» строительство, и экспериментируют в новой нише. Привлекая большее количество инвестиций, компания-застройщик увеличивает и свой доход. На первом этапе переход на «зелёное» строительство для компании-застройщика может вызывать сложности из-за возросшей цены строительства каждого проекта, но практика показывает, что первоначальные вложения окупаются за счёт меньших затрат на обслуживание во время всего срока эксплуатации здания. В настоящее время становятся доступными всё больше результатов исследований, согласно которым «зелёные» здания последовательно демонстрируют более низкие показатели энерго- и ресурсопотребления, чем традиционные здания. Международная финансовая корпорация (IFC) даёт оценку энергоэффективности «зелёного» здания на минимум 20% выше относительно традиционного здания [9]. Также «зелёные» здания показывают хорошие результаты в условиях изменений климата и достаточную устойчивость к нетипичным погодным условиям.

На территории РФ, кроме общемировых строительных стандартов сертификации BREEAM и LEED, появившихся в 2021 г., действует разработанный Центром экологической сертификации «Зелёные стандарты» в 2012 г. ГОСТ Р 54964–2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости». В этом документе перечислены принципы, категории, оценочные критерии, индикаторы, рекомендуемые показатели и минимальные экологические требования к объектам недвижимости [2].

Тепловая энергия расходуется на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию здания. В случае применения в проекте принципов «зелёного» строительства её расход сокращается, и экономия составляет от 30 до 60 процентов. Аналогично снижается расход электроэнергии.

Количество отходов строительства при возведении здания снижается на 50-70 процентов, если при строительстве задействуется вторичная переработка и более эффективно (безотходно) расходуются стройматериалы: стекло, стекловолокно, бетон, раствор, кирпич, дерево, чёрные и цветные металлы [2]. К примеру, появляется возможность создания отдельной рабочей группы для мониторинга строительных отходов и отправки их на переработку. В том числе, строительные отходы возможно переработать в тротуарный кирпич, который будет использоваться на следующей строительной площадке для укладки тротуаров.

Что касается технологий, академическое сообщество продолжает проводить технические испытания и анализ результатов, а также активно развивает новые направления технологий «зелёного» строительства. Применение таких технологий, как пассивные здания, наружные стеновые панели с покрытием и «умные» здания, эффективно

способствует энергосбережению зданий и защите окружающей среды. В то же время, случаи успешного практического применения помогают популяризировать и поощрять применение экологически чистых строительных материалов, строительство зданий с использованием солнечных батарей, зелёной краски, высокоэффективных изоляционных дверей и окон, а также растительных технологий и т. д., что улучшает конечные технические показатели «зелёных» зданий.

Ещё одним инструментом существенного влияния на энергоэффективность здания является применение искусственного интеллекта. Современные интеллектуальные системы управления могут брать на себя функцию управления кондиционерами и другим оборудованием, а также координировать работу различных систем между собой. Эти меры помогают снизить воздействие на окружающую среду, повысить комфорт и функциональность здания, что является аргументом для компании-застройщика.

«Зелёное» строительство позволяет сокращать потребление энергии и исчерпаемых природных ресурсов. Увеличенный срок эксплуатации более долговечных зданий эффективно снижает воздействие на природную среду. Видится разумным уделять больше внимания этому аспекту, улучшая экономию ресурсов с помощью новейших научно-технических достижений и повышая доходность инвестиций в строительстве.

ВЫВОДЫ

По состоянию на сегодняшний день экономический анализ статистических показателей показывает растущий спрос на технологии «зелёного» строительства, который потенциально сохранится в долгосрочной перспективе. Однако, пока остаются актуальными и проблемы с повсеместным внедрением этой концепции в хозяйственной практике. К примеру, компании сталкиваются с проблемами недостаточного технического оснащения, высокими ценами на продукцию и оборудование (надбавка за экологичность в среднем по РФ составляет около 5-10%), частичным использованием «зелёных» технологий и несоответствием быстроразвивающимся стандартам и лучшей мировой практике, сомнениями инвесторов по поводу длительного периода возврата инвестиций, а также недостатком информированности населения о новых технологиях (сказывается приверженность привычному консервативному стилю работы).

Для улучшения социальных и экономических показателей компаниям-застройщикам требуется государственная поддержка рыночными методами, в том числе, с помощью льготных ставок страхования и кредитования, детального определения стандартов сертификации, ввода законодателем новых стандартов и пр.

Резюмируя вышеизложенное, можно сделать вывод и о том, что «зелёное» строительство, несмотря на «молодость» этого направления, в нём есть потенциал для новых исследований и постоянного улучшения предлагаемых к строительству проектов.

В целом, можно заключить, что «зелёное» строительство — удачное решение для трансформации и нового качественного развития строительной отрасли, имеющее большой практический и социально-экономический потенциал для экономики строительства в долгосрочной перспективе.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность Китайскому стипендиальному совету (CSC) за финансовую поддержку.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Sha Kaixun*, Cost and Value: Thinking On Economics of Green Building, 1003—1294(2003)03—0020—03,250014,2003.
2. ГОСТ Р 54954-2012. Оценка соответствия Экологические требования к объектам недвижимости. – Введ. 30.08.2012. – Москва: Стандартинформ, 2012.
3. *Васильева А. А.*, «Зелёное» строительство как инновационный подход развития строительной индустрии России, УДК 712.25,2015.

4. *Zheng Xiaoming*, The impact and practice of economic benefits of green buildings on real estate development, 043200, 2017.
5. *Аврорин Л.И.*, Избранные труды: В 4-х тт. Т.4: В поисках новой стратегии/ Вольное экономическое общество России. М.: ОАО «НПО «номика», 2000. 799 с.
6. *М.А. Гиря, Л.В. Гиря*, Перспективы применения зелёных стандартов и технологий в жилищном строительстве, 2018.
7. *Ларионов А.Н., Иванова Ю.В.* Экологическое жилищное строительство: проблемы и перспективы развития // АСADEМIA. архитектура и С т р о и т е л ь с т в о . 2009.
8. *Велесевич С.* Пандемия задала новые тренды в экостроительстве: что внедряют девелоперы, РБК. — 2020. URL: <https://realty.rbc.ru/news/5fd3194a9a7947115ccf9d7a> (дата обращения: 20.11.2023).
9. Introducing GRNR: The Case For Green Buildings. Seeking Alpha.— 2022. URL: <https://seekingalpha.com/article/4501377-grnr-case-for-green-buildings> (дата обращения: 20.11.2023).
10. Зелёные здания повышают продуктивность и помогают арендаторам экономить?, URL: Green Office Lab Club <https://www.ecogreenoffice.club/single-post/productivnost-i-pribil> (дата обращения: 20.11.2023).
11. *Дергунова А. В., Пиксайкина А. А., Адылходжаев А. И.*, Экономические преимущества энергоэффективных технологий с применением местных сырьевых ресурсов в зелёном строительстве, УДК 69.001.5, 2023.
12. *Иванова, К. А.* «Зелёные» стандарты в строительстве, Молодой учёный. — 2016. — № 9.1 (113.1). — С. 31-34. — URL: <https://moluch.ru/archive/113/29050/> (дата обращения: 17.11.2023).
13. *Ларионов А.Н., Ключева Т.Г.* Экологичность и экономическая эффективность как факторы инвестиционной привлекательности жилищного строительства // Недвижимость: экономика, управление. 2011.
14. *Ларионов А.Н., Мишланова М.Ю.* Развитие экологической-экономической системы «строительство - среда жизнедеятельности»: монография; м-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. гос. строит. ун-т. М.: МГСУ, 2014. (Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ).

ФОРМИРОВАНИЕ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ПРЕИМУЩЕСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В.С. Канхва, Р.В. Обухов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

Аннотация

Технологии информационного моделирования (ТИМ), постепенно, но неуклонно входят в мировую строительную отрасль, вытесняя традиционные подходы к планированию и управлению строительством. Современная действительность предъявляет новые, ранее не предъявляемые требования к проектированию объектов строительства. В настоящее время на этапе управления строительством необходим не только проект объекта, а его информационная модель, содержащая в себе все необходимые сведения, востребованные на протяжении всего жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта. Актуальность исследования обусловлена сложностью подсчета экономического эффекта в краткосрочном периоде планирования при реализации инвестиционно-строительных проектов с использованием ТИМ и, соответственно, отсутствием методов экономического обоснования необходимости и возможности применения ТИМ на этапах проектирования и строительства.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня внедрению ТИМ уделяется все больше внимания по двум основным причинам. Первая – снижение издержек и повышение эффективности строительства, вторая – доступность современных технологий. ТИМ значительно упрощают процесс составления смет и оптимизируют сами затраты. Кроме того, данные, накопленные на этапах проектирования и строительства, могут быть полезно использованы в период эксплуатации объекта для оптимизации управления и обслуживания. Таким образом, информация о проекте сохраняется и применяется в течение всего жизненного цикла объекта, хотя внедрение ТИМ остается пока еще недостаточно распространенным явлением на практике [1]. Однако, для заказчика ТИМ может принести существенную выгоду, при условии правильной формулировки требований к исполнителям проекта, тщательного контроля и использования информации для оптимизации затрат на строительство.

На сегодняшний день мировая строительная отрасль переживает глобальную цифровую трансформацию. Такие кардинальные перемены в строительной отрасли связаны с тем, что объекты строительства стали более технологичными, возросла сложность в условиях сокращения нормативного времени реализации инвестиционно-строительных проектов (ИСП) [2]. В результате этих требований наблюдается дефицит необходимой информации для своевременного принятия рациональных управленческих решений. Наряду с этим современные инвестиционно-строительные проекты, ввиду их сложности, стали информационно более насыщенными, и этот фактор стремительно снижает эффективность традиционных методов управления на стадиях проектирования и реализации объекта строительства.

На фоне происходящих перемен, еще сильнее проявляются недостатки традиционных методов реализации ИСП [3], существующих уже долгие годы, а именно:

- выпуск проектной документации несоответствующего качества;
- неувязки смежных разделов проектной документации вследствие недостаточного уровня взаимодействия между проектировщиками;
- несвоевременность и низкая результативность процессов внесения изменений в архитектурно-планировочные и конструктивные решения проектной документации;

- низкий уровень автоматизации процессов разработки проектно-сметной документации (ПСД);
- множество запросов на недостающую информацию по проекту от подрядных организаций, что является следствием отсутствия своевременной связи с источником информации – разработчиками проектной документации;
- низкая производительность труда и большие административно-накладные расходы на стадиях проектирования и строительства.

Основные результаты

В настоящее время для устранения вышеперечисленных недостатков, в строительной отрасли России на смену низко эффективным в современных реалиях традиционным методам проектирования с передачей проектной документации подрядчику в бумажном виде на строительную площадку приходят инновационные способы реализации инвестиционно-строительных проектов с применением технологий информационного моделирования (ТИМ). Переход мировой строительной отрасли на использование ТИМ стал закономерной реакцией на необходимость обработки большого объема информации об объекте строительства, а также последующую корректировку данных и своевременного внесения изменений в процессы проектирования и строительства объекта.

Такой переход стал возможен в результате появления специализированного программного обеспечения, способного создать цифровую информационную модель ИСП, наполненную большим объемом всей необходимой информации. Данная информация используется в течении всего «жизненного цикла» инвестиционно-строительного проекта [4]. Набор исходных данных, составляющих информационную модель, является представлением в цифровой форме физических [5], функциональных и прочих характеристик объекта строительства в системном виде с учетом взаимосвязей, очередности, соподчиненности и др. условий.

Информация об объекте строительства представляет собой достаточно большой объем данных, который включает в себя различного рода параметры, показатели и характеристики объекта в целом, так и отдельных его элементов. В совокупности все эти данные формируют цифровую информационную модель, в которой в результате изменение одного из параметров происходит автоматический перерасчет других взаимосвязанных элементов [6].

По сравнению с традиционным подходом ТИМ обладает большими преимуществами, с помощью которых можно эффективно решить большой спектр задач в процессе реализации инвестиционно-строительного проекта. Ниже представлен перечень важнейших задач и возможностей ТИМ:

- работа над проектом в комплексной информационной среде общих данных;
- формирование комплектов чертежей, связанных с ТИМ-моделью;
- проведение аналитических расчетов (расчеты конструкций, всех требуемых показателей инженерных систем и сметных расчетов);
- проверка и устранение несоответствий в проекте;
- формирование ведомости объемов работ на основе ТИМ-модели;
- разработка сметной документации и контроль за ее исполнением.

Это только основные задачи, решаемые при помощи ТИМ. Полный список этих задач состоял бы более чем из ста позиций. Приведенные выше задачи, это только те, которые сейчас уже являются стандартными для ИСП, выполняемых с применением цифровых информационных технологий. Существующая система традиционного подхода (САД-подхода) к процессу проектирования имеет множество часто возникающих проблем, которые решаются с помощью ТИМ. Далее рассмотрены некоторые из них.

1. Качество проектной документации. Проблема традиционного подхода заключается в двухмерных моделях — планы, разрезы, схемы и другие чертежи в бумажном виде с небольшим уровнем детализации и большим количеством ошибок и нестыковок.

ТИМ позволяет на этапе проектирования и планирования строительства объекта создать его виртуальную цифровую модель, позволяющую оценить и оптимизировать его ключевые характеристики (физические, стоимостные, функциональные). Используя ТИМ можно оптимизировать параметры и результаты проекта на различных этапах жизненного цикла объекта городской инфраструктуры, включая ранние этапы концептуального планирования, проектирование, инженерную подготовку, организацию закупок и строительство, ввод в эксплуатацию, техническое обслуживание и извлечение прибыли, а также снос, переустройство и утилизацию отходов. Таким образом, применение ТИМ дает возможность избежать большого количества ошибок и недоработок на этапе проектирования, что обеспечивает требуемое качество ПСД.

2. Возникновение коллизий на стадиях изменения и обновления проекта.

Проблема традиционного подхода заключается в частых ошибках, допускаемых на этапе проектирования, — несоответствия между конструкциями здания и его инженерными сетями, а также между самими инженерными сетями различного назначения, вызванные недостаточно эффективным взаимодействием между проектировщиками разных разделов проектной документации.

При применении ТИМ можно объединить различные разделы и решения в одном многомерном пространстве, как правило в основе лежит 3D-визуализация. Коллизии становятся очевидными на 3D-модели и автоматически обнаруживаются программными продуктами, поддерживающим ТИМ-процесс. При использовании ТИМ есть возможность увидеть несоответствия в ПСД и своевременно принять решение о внесении соответствующих изменений.

3. Низкий уровень автоматизации процессов при разработке сметной документации.

Проблема традиционного подхода заключается в необходимости самому собирать и обрабатывать различную информацию от проектировщиков, изучать и сопоставлять данные двухмерных чертежей, назначать вручную сметные параметры. Значительная доля участия человека в составлении сметы обуславливает высокий риск ошибок и, таким образом, неточность в расчете бюджета строительства объекта. Еще одним недостатком традиционного подхода является длительность подсчета объемов строительных работ и дальнейшей корректировки сметных расчетов.

Технология информационного моделирования объектов строительства дает возможность на основе данных трехмерной модели выполнять подсчет объемов материальных ресурсов с высокой точностью, труднодоступной при традиционном подходе. При высоком качестве проекта и существенной его детализации возрастает скорость перерасчета объемов, а также возможна полная автоматизация расчета объемов. Как следствие более точного автоматизированного подсчета объемов, ТИМ позволяет значительно снизить расход материалов (непосредственная экономия на объеме материалов), что отражается на снижении общих расходов при реализации ИСП.

4. Отсутствие необходимой актуальной информации и связи с источником.

Проблема традиционного подхода заключается в часто встречающейся проблеме, когда строителям непонятны детали проекта, им приходится просить разъяснения от проектировщиков. К сожалению, это возникает в процессе выполнения строительно-монтажных работ. Такие запросы на информацию приводят к остановке производственного процесса и тем самым вызывают простой трудовых и материальных ресурсов, собственно, что и влечет за собой существенные потери.

Управление подразумевает все виды работы с информацией: сбор, формирование, анализ, обмен и материальное воплощение. Каждый из этих видов работ может выполняться на любом этапе жизненного цикла ИСП: планирование, проектирование, подготовка к строительству, строительство, ввод в эксплуатацию, эксплуатация, реконструкция и снос. Также каждый из этих видов работ может выполняться над любой частью строительного объекта: генеральным планом и наружными инженерными системами.

5. Уровень накладных расходов. На данный момент при традиционном подходе присутствует огромное количество производственных процессов, связанных с рутинной работой инженеров и административного персонала, что приводит к большому штату сотрудников и увеличению затрат на строительство. Например, такие как мониторинг и контроль работ по реализации инвестиционно-строительного проекта.

Решение проблемы при помощи BIM-технологии. Использование ТИМ предоставляет возможность осуществить контроль за ходом строительства за счет автоматизации производственных процессов на основе информационной модели. Например, есть возможность организации автоматизированной системы мониторинга за строительством зданий и сооружений в режиме реального времени и интеграции ее с корпоративными системами управления, а также выставление замечаний и выдача в электронной системе с возможностью отслеживания выполнения. Использование ТИМ повышает производительность труда инженерно-технического персонала, снижает его численность и трудозатраты на делопроизводство.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На данный момент преимущества ТИМ-технологий объясняют масштабное внедрение в мировую строительную отрасль, в значительной степени в практику управления инвестиционно-строительными проектами. Внедрение технологий повышает качество проектно-сметной документации, обеспечивает своевременный информационный обмен и улучшает взаимодействие между участниками инвестиционно-строительного проекта, результативность управленческих решений и, в целом, снижает затраты на этапе строительства [7].

Однако, чтобы получить ожидаемые результаты от использования информационных моделей, необходимо иметь хорошо налаженную организацию и культуру работы. При разработке и внедрении информационного моделирования в строительство возникают несколько важных аспектов, требующих внимания: определение конкретных целей и задач, связанных с использованием ТИМ на различных стадиях строительных проектов, и необходимость формулирования соответствующих требований к данному процессу. Важной задачей также является разработка новых профессиональных стандартов, документов и нормативных актов, регулирующих использование ТИМ в строительстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Т.С. Голосова. Организационно-экономические механизмы перехода на информационное моделирование в архитектурно-проектной деятельности [Текст] // РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2018 – 156 с.
2. Т.В. Горохова. Обоснование необходимости использования BIM-технологий с целью повышения эффективности строительных процессов [Текст] // Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2020 – 12 с.
3. С.А. Кривой. Взаимосвязь BIM-сценариев в рамках инвестиционно-девелоперского проекта [Текст] / А.И. Семин 2, А.В. Попов 3, Б.О. Бебякин // Журнал. Строительство уникальных зданий и сооружений, - 2018-№2(65)-С. 20-39.
4. В.В. Ильинова, В.Д. Мицевич. Международный опыт использования BIM-технологий в строительстве [Текст] // Российский внешнеэкономический вестник, 6-2021, 79-93 с.
5. Минстрой РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minstroyrf.gov.ru>
6. Исследования «PropTech в России: Обзор практики применения BIM-технологий и инновационных решений в области проектирования», апрель 2020.
7. Мурашова, О. В. Тенденции и проблемы внедрения информационных технологий в инвестиционно-строительной сфере //Недвижимость: экономика, управление. – 2016. – № 3. – С. 62-66.

ОБОСНОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ЭФФЕКТИВНОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА ОБЪЕКТОВ ГОСТИНИЧНО-ТУРИСТИЧЕСКОЙ НЕДВИЖИМОСТИ

А.А. Судакова

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
5422467@mail.ru*

Аннотация

В настоящее время чрезвычайно актуальными являются вопросы развития сферы туризма в РФ.

Основные задачи развития туристической отрасли отражены в национальном проекте «Туризм и индустрия гостеприимства», федеральном проекте «Развитие туристической инфраструктуры». Одной из важнейших задач национального и федерального проектов является активизация воспроизводственных процессов строительства и обновления строительства и объектов гостинично-туристической недвижимости, как базиса инфраструктурного развития туристической отрасли.

Проведенный автором анализ проблем отрасли позволил выявить основные проблемы функционирования и развития туристической отрасли, сфокусированные на проблематике инфраструктурного развития:

- дефицит объектов размещения туристов;
- высокая степень износа объектов размещения;
- несоответствие объектов гостинично-туристической недвижимости требованиям качества и комфортности;
- низкий уровень развития как туристической, так и обеспечивающей инфраструктуры;
- недостаточная инвестиционная привлекательность проектов создания туристической инфраструктуры и воспроизводства объектов гостинично-туристической недвижимости.

Следует отметить, что проблема не только в количестве объектов гостинично-туристической недвижимости фонда, но и в качестве, то есть низком, недостаточном уровне предоставляемых услуг в аспекте комфортности проживания.

ВВЕДЕНИЕ

Расчеты, проведенные автором с использованием исходных данных туристических кластеров Владимирской области, Алтайского края, республики Дагестан и др. полностью подтверждают сделанный вывод, а также дают возможность сопоставить спрос и предложение по местам размещения. Кроме того, результаты расчетов дают возможность количественно оценить имеющийся потенциал развития кластеров в направлении строительства и обновления объектов гостинично-туристической недвижимости [1].

В таблице 1 представлены результаты выполненного анализа функционирования туристических кластеров, расчеты спроса, предложения, уровня комфортности, физического и морального износа имеющегося фонда размещения, а также рассчитанный потенциал возможного развития кластера за счет строительства и обновления объектов гостинично-туристической недвижимости [2].

Табл. 1 Результаты анализа и расчета спроса, предложения и потенциала развития фонда размещения туристических кластеров

№ п/п	Местонахождение кластера	Наличие мест размещения, m_{ϕ}	Уровень комфортности, X_{02}	Показатель физического износа, %	Показатель морального износа, %	Потенциал роста, R_1	Планируемое увеличение, Nn , мест	Планируемое увеличение, m_{ϕ}^2
1	Владимирская область (ТРК Киржач)	8855	0,71	40	60	1,82	5145	43 733
2	Алтайский край (ОЭЗ ТРТ «Бирюзовая Катунь»)	29 750	0,86	30	25	1,22	3600	30 600
3	Алтайский край (ТРК Белокуриха)	31 450	0,86	25	20	1,11	2800	23 800
4	Республика Дагестан	75 012	0,71	42	50	2,24	17 825	84 970
5	Республика Адыгея ТРК «Майкопский район»	43 885	0,86	40	60	1,87	7300	62 050

Потенциал активизации воспроизводства объектов гостинично-туристической недвижимости может быть реализован по следующим основным направлениям (рис. 1).

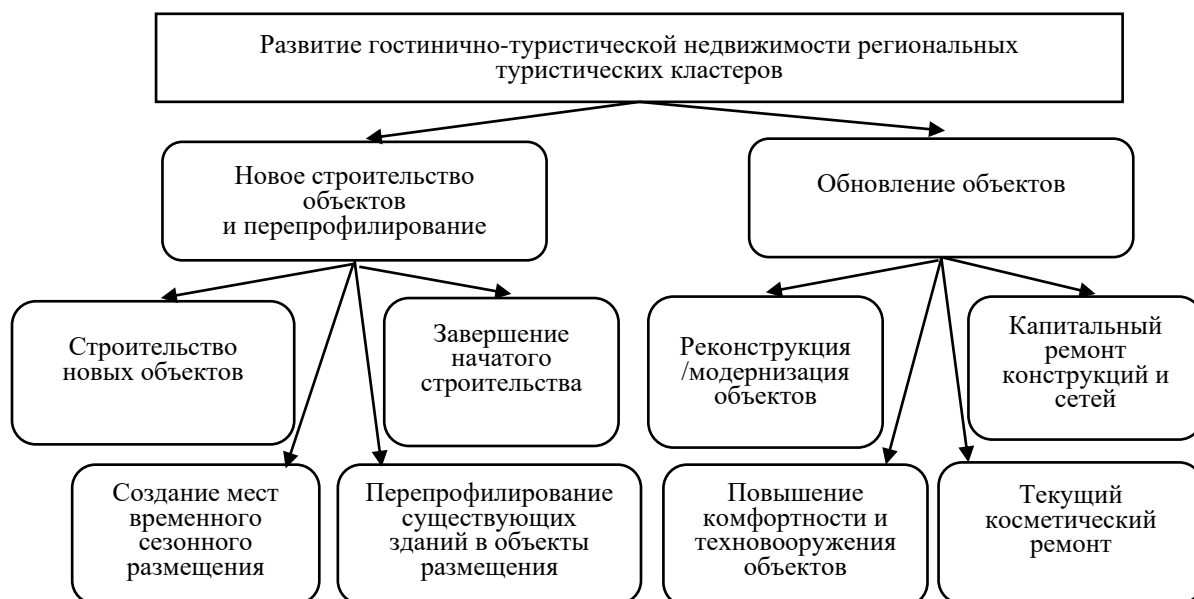


Рис. 1 — Виды и формы развития фонда размещения туристических кластеров

Развитие гостинично-туристической недвижимости региональных туристических кластеров делится на два основных направления: новое строительство объектов и перепрофилирование; обновление существующих объектов [3].

Новое строительство объектов — это создание новых зданий, сооружений, инженерных сетей и коммуникаций на новых территориях или на месте сносимых старых зданий. Новое строительство включает в себя проектирование, закупку материалов и обращение с отходами производства, расстановку плана и технологии строительства, а также строительство самого объекта на местности [4].

Завершение начатого строительства — это процесс доведения строительного объекта до завершения всех работ, включая внутренние и наружные работы по отделке и оборудованию, а также техническое оснащение и подготовку к эксплуатации.

Создание мест временного сезонного размещения — это процесс создания временных объектов размещения туристов на время туристического сезона.

Перепрофилирование существующих зданий в объекты размещения — это процесс изменения функционального назначения здания для его использования в качестве объекта размещения. Такое перепрофилирование может проводиться в различных целях, включая повышение доходности здания, удовлетворение новых потребностей рынка, сокращение временного простоя и снижение издержек на строительство новых объектов [5].

Реконструкция / модернизация объектов — это процесс восстановления и модернизации существующих объектов и зданий. Реконструкция может включать в себя изменение структуры, функционального назначения, внешнего вида, а также обновление технических систем (отопление, электричество, водоснабжение и т.д.).

Капитальный ремонт конструкций и сетей — это обширный комплекс мероприятий, включающий в себя замену устаревших или поврежденных элементов, монтаж новых конструкций и т.д. Обычно капитальный ремонт выполняется для улучшения функциональных свойств объектов и для увеличения их срока эксплуатации.

Повышение комфортности и технооборужения объектов — это современные мероприятия, направленные на улучшение условий жизни и работы людей в зданиях и сооружениях. Повышение комфортности может быть достигнуто за счет установки новых систем кондиционирования воздуха, обновления и улучшения мебели и интерьера, создания благоприятных условий для отдыха.

Текущий косметический ремонт — это вид ремонта, который проводится для улучшения внешнего вида помещения или сооружения. Он может включать в себя покраску или оклеивание стен обоями, замену напольных покрытий, установку новых светильников и т.д. Цель текущего косметического ремонта — сохранение эстетического состояния помещения.

Как показывает проведенный анализ, в туристических регионах гораздо активнее осуществляется первое направление развития — это строительство и завершение новых объектов гостинично-туристической недвижимости [6]. Несомненно, это направление является наиболее предпочтительным, так как обеспечивает наибольший прирост мест размещения в ограниченный временной период. Причём ввиду активизации внутреннего туризма наряду со строительством стационарных гостиниц широкое распространение получает возведение временных и модульных объектов размещения, которые в пиковые периоды позволяют удовлетворить спрос населения на посещение интересных туристических мест и объектов.

ВЫВОДЫ

Для обоснования вариантов эффективного воспроизводства объектов гостинично-туристической недвижимости следует проводить сравнительный анализ запланированного экономического и социального эффекта от реализации ИСП. Расчет экономического эффекта базируется на инструментах финансово-экономического моделирования с использованием таких показателей, как NPV, IRR, PI, PP и др. В качестве социальных индикаторов следует учитывать:

- Снижение безработицы;
- Рост средней заработной платы в регионе;
- Повышение культурно-образовательного уровня населения;
- Улучшение лечебно-оздоровительного уровня населения;
- Развитие сопутствующей инфраструктуры региона;
- Улучшение природоохранных и экологических показателей окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Н. Захер, С.С. Скобкин.* Экономическое и организационное обеспечение гостинично-туристической деятельности / Научный журнал «Инновации и инвестиции» №7. 2023. С. 113-118.
2. *А.В. Заступов.* Анализ и оценка эффективности управления финансовыми ресурсами предприятия / Научный журнал «Экономика и предпринимательство» №9 (146). 2022. С. 763-767
3. *С.К. Удалых.* Создание гостиничного фонда как основы развития разных видов туризма: региональный аспект / В сборнике: Проблемы и перспективы развития туризма в Российской Федерации. Сборник трудов VIII Всероссийской (с международным участием) научной конференции. Отв. редактор Д.В. Смирнов. Москва, 2023. С. 129-134.
4. *К.Э. Дербищева.* Нормативно-правовое регулирование строительства объектов туристской индустрии / Научный журнал «Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова» №2-2 (76). 2022. С. 769-776.
5. *А.К. Orlov, V.S. Kankhva.* Lean construction concept used to develop infrastructure facilities for tourism clusters / Buildings, 2022, 12(1), 23.
6. *К.А. Гуреев, В.К. Соловьёв.* Итоговая комплексная оценка рисков строительства нового объекта / Научный журнал «Региональная и отраслевая экономика» №3. 2023. С. 136-142.

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ

В.В. Полити, И.Ф. Мангушев

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

Аннотация

Цифровизация – одно из самых приоритетных направлений развития всех отраслей экономики. По данным Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации в 2022 году только количество зарегистрированных на портале государственных услуг пользователей достигло 100 млн. (рост за три последних года – более 40%). Применение «сквозных» цифровых технологий в строительной отрасли призвано создать условия для взаимодействия всех участников проекта по строительству на базе единой цифровой среды. В целях повышения эффективности её работы, осуществить переход на использование «сквозной» технологии информационного моделирования для всего жизненного цикла объекта капитального строительства, внедрить и осуществлять непрерывное развитие систем по управлению жизненным циклом объекта капитального строительства, используя как базис технологии информационного моделирования. Реализация проектов по строительству в настоящее время невозможна без применения на различных этапах жизненного цикла проекта инструментов цифровизации. Что, в свою очередь, отражается на векторе развития строительной отрасли. Одно из направлений этого вектора - информационная система заказчика - платформа, основанная на использовании единого информационного пространства, классификаторов и машиночитаемых форматов, такая платформа сможет обеспечить эффективное взаимодействие всех участников проектов по строительству.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день внедрение информационных систем при реализации проектов по строительству носит индивидуальный характер, то есть выбор того или иного программного комплекса зависит непосредственного от организации, реализующей проект по строительству. При этом, 70% государственных услуг в сфере градостроительной деятельности (из общего числа проанализированных услуг) уже доступны для получения онлайн.

Крупные компании – разработчики платформ автоматизации процессов, например – 1С, реализуют модульные решения для сферы строительства, при этом в таких модулях доступны отдельные решения по управлению бюджетом строительной организации или выполнением строительно-монтажных работ.

Деятельность строительных организаций ориентируется на активное использование цифровых сервисов, так с 1 марта 2023 года Правительство Москвы ввело положение, согласно которому генеральные подрядчики, ведущие работы по строительству и реконструкции объектов на территории города Москвы обязаны сдавать исполнительную документацию исключительно в электронном виде, используя сервисы «BuildDocs» или «Ехон». Заинтересованность государственных организаций в разработке цифровой платформы для реализации проектов по строительству показывает, в том числе участие в разработке платформы управления и автоматизации в процессе реализации проектов по строительству – системы «Ехон», разработку которой осуществляет Департамент строительства города Москвы. «Ехон» – пример экосистемы, позволяющей реализовывать проекты по строительству – подрядчику – генерировать и сдавать исполнительную документацию, вести журналы работ, заказчику – следить за выполнением ПИР, контролировать проведение работ по строительному контролю.

Структура организации участников реализации проекта по строительству представляет собой многоуровневую систему, а функциональные особенности и возможности всех участников определены Градостроительным кодексом. Порядок взаимодействия участников реализации проектов по строительству, также является сложноорганизованной процедурой, на этапе которой возникает много коммуникативных сложностей. При этом приоритетным становится создание единого рабочего пространства, когда ход проекта, его события, а также статусы ключевых задач прозрачны для всех участников такого проекта [1, 2].

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Цифровизация выводит на новый уровень также принцип, и порядок взаимодействия участников реализации проектов по строительству. Цифровые технологии – причина стремительных изменений, происходящих во всех сферах отраслей экономики и социальной сферы [3,4]. Рассмотрим основные понятия, касающиеся терминологии и этапов реализации проектов по строительству, утвержденные Градостроительным кодексом.

Так, проект по строительству ОКС – перечень мероприятий, осуществляемых застройщиком, техническим заказчиком, федеральными ОИВ, исполнительными органами государственной власти субъектов Российской Федерации, в соответствии с положениями в целях строительства, реконструкции ОКС.

В свою очередь, под этапами реализации проекта по строительству укрупненно понимаются:

- приобретение или аренда земельного участка;
- подготовка к выполнению (в части выдачи необходимых материалов, в том числе заключение договоров, получение технических условий и т.д.) и выполнение инженерных изысканий, архитектурно-строительного проектирования;
- выполнение строительно-монтажных работ;
- ввод построенного ОКС в эксплуатацию, том числе получение ЗОС и РВ;
- регистрация прав на построенный ОКС.

Градостроительным кодексом также определены мероприятия в рамках указанных этапов, а также порядок взаимодействия участников реализации проекта по строительству. В рамках анализа порядка взаимодействия, представим описание основных функциональных обязанностей различных участников проекта по строительству [2].

Инвестор – физическое или юридическое лицо, осуществляющее финансирование проекта по строительству за счет собственных или заемных средств. Он вправе осуществлять промежуточный контроль проекта по строительству, требовать от Технического заказчика отчетность в форме, установленной в договоре. Инвестор может также выполнять функции застройщика и технического заказчика (рисунок 1).

Застройщик – физическое или юридическое лицо, осуществляющее на принадлежащем ему земельном участке или на земельном участке иного правообладателя, переданным застройщику на правах аренды или другого соглашения, реализацию проекта по строительству. Застройщик может также выполнять функцию технического заказчика.



Рис. 1 – Основные функции инвестора, застройщика и технического заказчика при реализации проекта по строительству

Технический заказчик – юридическое лицо, осуществляющее от имени застройщика подготовку документов, разрешающих строительство, получение специальных технических условий на присоединения ОКС к сетям снабжения, ведение документации по прохождению экспертизы проектной документации и инженерных изысканий, подачу документов на получение разрешения на строительство, а после окончания всего цикла строительных работ – получение разрешения на ввод ОКС в эксплуатацию.

Генеральный проектировщик – выполняет работ по проектированию – подготовку проектной и рабочей документации, а также собственными силами или с участием лицензированных организаций выполняет необходимый для реализации проекта по строительству объем инженерных изысканий. Генеральный проектировщик наделен полномочиями по заключению договоров строительного подряда (контракты) с другими проектировочными организациями (субподрядчиками), которые будут выполнять определенные виды работ по проектированию (рисунок .2).



Рис. 2 – Основные функции генерального проектировщика, генерального подрядчика и субподрядчиков при реализации проекта по строительству

Для выполнения строительно-монтажных работ, заказчик заключает договор и подписывает (а также предварительно согласовывает) техническое задание на выполнение работ с генеральным подрядчиком по выполнению строительно-монтажных работ. Генеральный подрядчик заключает договора субподряда со строительно-монтажными организациями, в случае передачи им части работ. Генеральный подрядчик и субподрядчики заключают договора с поставщиками материалов и оборудования.

Органы исполнительной власти (в т.ч. органы местного самоуправления) осуществляют строительный контроль работ, выполненных Генеральным подрядчиком и субподрядчиками (по строительно-монтажным работам), осуществляют выдачу заказчику разрешения на строительство или разрешение на ввод объекта в эксплуатацию после направления им соответствующих заявлений и пакета необходимо документации.

На завершающем этапе работ по проекту, заказчик получает разрешение на ввод объекта в эксплуатацию, а затем передает результаты работ застройщику и инвестору, который будут осуществлять эксплуатацию построенного ОКС (рисунок 3).

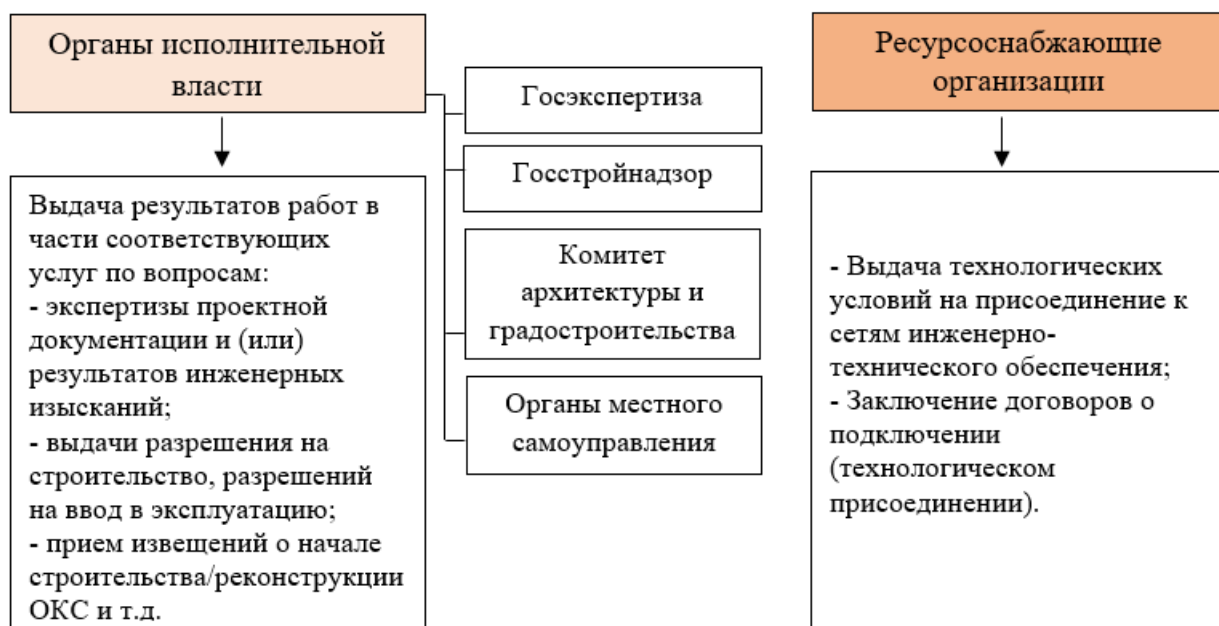


Рис. 3 – Основные функции органов исполнительной власти и ресурсоснабжающих организаций

Процесс управления реализацией проекта по строительству предполагает наличие у всех участников такого проекта советующих допусков (СРО и т.д.), лицензий, а также соответствующих уровню проекта по строительству компетенций участников. В общем понимании, порядок взаимодействия участников проекта по строительству представляет собой модель стратегической архитектуры информационной системы заказчика, позволяющую вести работы по проекту совместно с участниками, для которых будет реализован доступ к такой информационной системе.

В рамках такой работы, возможно, реализовать порядок работы, описанный, где реализация проекта по строительству осуществляется итерациями. В начальный момент работы формируются участники проекта, регламентируется порядок их работы, назначаются ответственные лица. Параллельно с ходом работ проводятся постоянные рабочие группы, позволяющие точно отслеживать статус хода работ по проекту по строительству. В таком режиме работы Платформа заказчика выступает инструментом единственных и точных данных о проекте, а постоянное обновление таких данных дает возможность заказчику точно понимать, есть ли и в каком случае, на каком этапе в проекте могут возникнуть сложности.

Таким образом, циклическая работа, состоящая из задания начальных условий реализации проекта по строительству (техническое задание, задание на проектирование и

т.д.) – *осуществление*, переходящая в *проверку* – отслеживание статуса хода работ на повторяющихся в одинаковой периодичностью рабочих группах, а затем в *действие* – выполнение по результатам прошедших совещаний и рабочих групп задач, позволяет наладить эффективное взаимодействие между участниками реализации проекта по строительству [5, 6].

Адаптация процесса реализации проектов по строительству с использованием информационной системы заказчика как единой платформы, используемой для взаимодействия всех участников такого проекта, изображена на рисунке 4.

Участники, определенные становятся пользователями единого ресурса – информационной системы, порядок работы которой разрабатывается «владельцем процесса» реализации проекта по строительству, т.е. техническим заказчиком, которого связывают договорные отношения и инвестором и/или застройщиком.

На первом этапе реализации формируется команда проекта, назначаются ответственные лица, устанавливается доступ на платформу заинтересованных сотрудников организаций-участников реализации проектов по строительству.

Следующим этап – организация тендерных процедур (с возможным участием инвестора и/или застройщика) по выбору проектных и строительско-монтажных организаций.

Далее – когда проектная команда окончательно сформирована, назначены ответственные лица от каждой стороны, принимающей участие в реализации проекта по строительству, участники проходят обучение работе с использованием информационной системе, основанной на утвержденных регламентах работы указанной системы.

Работа по проекту поддерживается контролируемыми процедурами – проведением рабочих групп, с помощью видеоконференцсвязи, интегрированных почтовых сервисов и т.д. Итоговым мероприятием таких групп являются протоколы с установленными решениями, принимаемые к исполнению каждым из участников реализации проекта. Завершение этапов работ по проекту включает задачи по приемке и дальнейшей оплате работ и услуг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях цифровизации, создания платформ и сервисов, позволяющих реализовывать задачи различных этапов проекта по строительству дистанционно, меняется порядок взаимодействия участников реализации проектов по строительству, так, например, исполнительная документация по объекту, а также акты государственного строительного надзора, общие журналы работ передаются в форматах XML-схем, т.е. машиночитаемых форматах, которые позволяют работать в одном информационном пространстве и сократить временные издержки на перемещение различной документации (проектной, строительной) между различными организациями и ведомствами — участниками реализации проектов по строительству. В условиях развития цифровых сервисов становится важным своевременно адаптировать к новым стандартам работы кадровый состав всех организаций – участников реализации проектов по строительству. Уровень развития IT-инфраструктуры позволяет реализовать облачное решение – платформа заказчика, используемое одновременно всеми участниками реализации проектов по строительству.

ЛИТЕРАТУРА

1. О.С. Трополев. Формирование системы взаимоотношений между участниками инвестиционного процесса в строительстве (инвестор — заказчик — застройщик — проектировщик — подрядчик) [Текст] / О. С. Трополева. // Молодой ученый. — 2020. — № 45 (335). — С. 345– 347.
2. И. Г. Терехов, В. Г. Зенкова. Актуальность технико-экономической оценки проектных решений в условиях цифровизации строительства / И. Г. Терехов, В. Г. Зенкова, А. Ф. Морозова, В. Л. Волковинская // Журнал. Евразийский юридический журнал. – 2020. – № 9(148). – С. 465-466.
3. С. С. Уварова, С. В. Беляева. Реализация стоимостного аудита в строительстве в условиях цифровизации / С. С. Уварова, С. В. Беляева, А. А. Паненков, О. М. Белянцева [Текст] // Журнал. Экономика в

- инвестиционно-строительном комплексе и ЖКХ. – 2019. – № 2(17). – С. 73-79.
4. И. А. Чернявский, Н. С. Ларин. Цифровизация процессов на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства [Текст] / И. А. Чернявский, Н. С. Ларин // Журнал. Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 4(100). – С. 773-785.
 5. А. А. Паненков, Я. Л. Сонин. Методические подходы к определению эффективности цифровизации в строительстве на основе теории системной конкурентоспособности [Текст] / А. А. Паненков, Я. Л. Сонин, Е. И. Киселева, Х. М. Гумба // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 11(148). – С. 773-779.
 6. В.М. Рамзаев, И.Н. Хаймович. Организационно–экономические модели и механизмы сбалансированного управления конструкторскими и технологическими подразделениями предприятий по новым изделиям [Текст]/ В.М. Рамзаев, И.Н. Хаймович // Вестник Самарского муниципального института управления – 2018. – № 1. – С. 82– 89.