

МОЛОДЕЖНЫЕ ИННОВАЦИИ



FORM 2021

СТРОИТЕЛЬСТВО – ФОРМИРОВАНИЕ СРЕДЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ СЕМИНАРА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ XXIV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(г. Москва, 22–24 апреля 2021 г.)



CONSTRUCTION
THE FORMATION OF LIVING ENVIRONMENT

XXIV International Scientific Conference
on Advanced In Civil Engineering

УДК 62+378
ББК 38
С86

С86 **Строительство — формирование среды жизнедеятельности** [Электронный ресурс] : сборник материалов семинара молодых учёных XXIV Международной научной конференции (г. Москва, 22–24 апреля 2021 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. — Электрон. дан. и прогр. (15 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2021. — Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/> — Загл. с титул. экрана.
ISBN 978-5-7264-2864-2

Сборник содержит доклады участников семинара молодых учёных, состоявшегося в рамках XXIV Международной научной конференции «Строительство — формирование среды жизнедеятельности (FORM-2021), приуроченной к 100-летию юбилею МИСИ – МГСУ.

Основной целью проведения Семинара и Конкурса молодёжных научно-технических и научно-исследовательских проектов является содействие развитию инновационной активности и реализации творческого потенциала студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, укреплению научных и деловых контактов НИУ МГСУ с зарубежными вузами, интеграции образования, науки и производства.

Для магистрантов, аспирантов и молодых учёных строительной отрасли.

Научное электронное издание

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

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2021

Подбор материала и ответственные за выпуск:
А.В. Дорошенко, И.П. Молчанова, В.С. Евстратов

Управление научной политики
Тел. 7 (495) 287-49-14, вн. 2393; 2673
E-mail: DoroshenkoAV@mgsu.ru, MolchanovaIP@mgsu.ru, EvstratovVS@mgsu.ru
Сайт: <http://mgsu.ru/>
http://mgsu.ru/science/Nauchniye_meropr/

Компьютерная верстка *В.С. Евстратова*

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

Подписано к использованию 25.05.2021. Объем данных 15 Мб.

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

Издательство МИСИ – МГСУ.
Тел.: (495) 287-4914, вн. 1423, (499) 183-9190, (499) 183-9795.
E-mail: rio@mgsu.ru

Даты проведения 22–24 апреля 2021 г.

Место проведения ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Ярославское шоссе, 26, Москва, Россия, 129337.

Научные направления:

- Modern building materials
- Reliability of buildings and constructions and safety in construction
- Modelling and mechanics of building structures
- Engineering and smart systems in construction
- Global environmental challenges

Организатор

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Организационный комитет

Председатель конференции

П.А. Акимов — д-р техн. наук, проф., академик РААСН, ректор НИУ МГСУ (Россия).

Члены оргкомитета:

А.Р. Туснин — проректор НИУ МГСУ;

В.В. Галишникова — проректор НИУ МГСУ;

Т.Б. Кайтуков — проректор НИУ МГСУ;

А.В. Дорошенко — начальник УНП НИУ МГСУ;

С.А. Шведов — начальник ОМС НИУ МГСУ;

С.И. Беляков — начальник УМИП.

Рабочая группа:

В.В. Филатов — ответственный за научную работу ИСА;

А.Г. Соколова — ответственный за научную работу ИФО;

В.С. Канхва — ответственный за научную работу ИЭУИС;

Н.А. Макиша — ответственный за научную работу ИИЭСМ;

С.А. Сергеев — ответственный за научную работу ИГЭС;

А.В. Алексанин — ответственный за научную работу МФ;

П.Ю. Воробьев — инженер СОНИРС УНП;

В.С. Евстратов — ведущий инженер УНП;

И.П. Молчанова — инженер СОНИРС УНП.

Ответственные секретари Оргкомитета:

А.В. Дорошенко — ответственный секретарь Оргкомитета Конференции;

И.П. Молчанова — ответственный секретарь Оргкомитета Конкурса.

XXIV Международная научная конференция «Строительство — формирование среды жизнедеятельности» (FORM-2021) состоялась 22–24 апреля 2021 г. в смешанном формате в Национальном исследовательском Московском государственном строительном университете.

Проведение FORM-2021 посвящено 100-летию юбилею НИУ МГСУ.

Основной целью Конференции является содействие формированию конкурентоспособного и эффективно функционирующего сектора исследований и разработок для обеспечения технологической модернизации, развития международной интеграции, опережающего развития кадрового и производственного потенциала в области архитектуры, строительства и ЖКХ; укрепление научных и деловых контактов.

Для молодых ученых в возрасте до 25 лет (включительно) был организован семинар по актуальным направлениям развития строительной науки, в рамках которого традиционно проводился Конкурс молодёжных научно-технических и научно-исследовательских проектов «Молодежные инновации». Лауреаты Конкурса награждены Дипломами I, II и III степени, а также памятными призами.

Тематические направления семинара:

- Современные строительные материалы
- Надежность зданий и сооружений и безопасность в строительстве
- Моделирование и механика строительных конструкций
- Инженерные и интеллектуальные системы в строительстве
- Глобальные экологические проблемы

С каждым годом Конференция привлекает все большее количество учёных и специалистов строительной отрасли всего мира. Участниками конференции в разные годы становились молодые ученые из Армении, Белоруссии, Болгарии, Германии, Испании, Италии, Казахстана, Киргизии, Китая, Латвии, Литвы, Молдовы, Польши, США, Турции, Узбекистана, Украины, Франции, Швеции, Эстонии и др.

Проведение такой крупномасштабной конференции, какой является «Строительство — формирование среды жизнедеятельности» позволяет активно формировать новое представление о строительстве не только в традиционных рамках отрасли, но с более широкой областью профессиональной ответственности, не ограниченной этапом стройки, а с полным циклом планирования, проектирования, создания, эксплуатации и использования строительных систем — качественной, безопасной и эффективной среды и инфраструктуры жизни и деятельности человека.

Для участников молодёжного семинара участие в столь престижном мероприятии является прекрасной стартовой площадкой для начала профессиональной карьеры, воплощения своих творческих замыслов и реализации научных достижений.

Содержание

Секция 1. MODERN BUILDING MATERIALS	10
Д.С. Алексеева, Д.В. Полосина, Н.И. Шестаков	
РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ БЕТОНОВ АКУСТИЧЕСКИХ ЭКРАНОВ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	10
А.М. Бахрах, А.А. Солодов, О.А. Ларсен	
ТОКОПРОВОДЯЩИЙ ЦЕМЕНТНЫЙ КАМЕНЬ, МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫМ ПОЛИМЕРНЫМ ПЛАСТИФИКАТОРОМ.....	14
О.С. Блинова, С.Д. Сокова	
ПРИМЕНЕНИЯ НАДЕЖНОЙ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЙ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ	19
Н.С. Жукова, А.А. Блинова, А.Ф. Гордина	
МОДИФИКАЦИЯ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО КОМПЛЕКСНЫМИ МИНЕРАЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОДУКТОВ ПРОИЗВОДСТВ	25
Н.В. Корнилова, Н.В. Лазарева	
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	31
П.А. Левина, Л.Н. Лисиенкова	
РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ ЭКСТРУЗИОННОГО ВСПЕНЕННОГО ПОЛИСТИРОЛА ТРЕБОВАНИЯМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ	34
А.А. Мельниченко, Н.А. Гальцева	
ПРИМЕНЕНИЕ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО В КАЧЕСТВЕ ЭФФЕКТИВНОГО МОДИФИЦИРОВАННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	39
И.О. Наумчик, А.А. Полозов, О.А. Ларсен	
РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ БЕТОНОВ ДЛЯ ГОРОДСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА, СОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦЫ TiO_2	46
А.А. Полозов, И.О. Наумчик, О.А. Ларсен	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВОВ КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО НА СВОЙСТВА ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО БЕТОНА	50
Е.В. Потрясова, Е.А. Жучков, М.К. Ахматов, Н.Н. Фомина	
ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ.....	55
В.А. Швецова, Е.Р. Паценко, О.А. Ларсен	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ФИБРОЦЕМЕНТА ДИСПЕРСНО АРМИРОВАННОГО ТЕКСТИЛЬНЫМ ШИНЫМ КОРДОМ	61
М.Г. Ягубов, Ю.Г. Борисенко	
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ (РЕСАЙКЛИНГА) СТАРОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	67

Секция 2. RELIABILITY OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS AND SAFETY IN CONSTRUCTION	71
Д.А. Владельщикова, О.Г. Мухамеджанова	
РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУРЫ ВНЕШНЕГО КОНТРОЛЯ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ	71
В.П. Горбачевский, А.Н. Топилин	
НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СО СМЕШАННЫМ АРМИРОВАНИЕМ	75
В.С. Евстратов	
ОСОБЕННОСТИ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ	82
М.О. Каравачкий, Е.В. Бузаев	
ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НА ПРИМЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА ПО СОЗДАНИЮ АКТИВНЫХ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ СУБСТАНЦИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	87
В.А. Куванов, О.Г. Мухамеджанова	
ТОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПОПРЯДОК АТТЕСТАЦИИ КАМЕРЫ КОРРОЗИОННЫХ ГАЗОВ И КАРБОНИЗАЦИИ	92
Д.Г. Михалёва, В.Е. Ускова, Е.Н. Покровская	
ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	96
И.М. Халиуллин, С.Ю. Савин	
СТАТИКО-ДИНАМИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ ФИБРОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	101
Д.Н. Чернова, А.В. Алексейцев	
АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОЛОННЫ ПРИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УДАРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ	107
Секция 3. MODELLING AND MECHANICS OF BUILDING STRUCTURES	114
Н.А. Афанасьев, Е.В. Кургузова, В.В. Сидоров	
ВЛИЯНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ФУНДАМЕНТЫ ЗДАНИЙ РАЗЛИЧНОГО ТИПА	114
М.И. Григорьев, Б.С. Стригин	
ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОБИЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА И ЗАПОЛЯРЬЯ	120

И.Д. Ковалёв, Б.И. Гиясов АНАЛИЗ ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ В СОВРЕМЕННЫХ МЕГАПОЛИСАХ	126
К.А. Папикян, А.В. Алексейцев ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ ПЛАСТИЧНОСТИ ДРУКЕРА-ПРАГЕРА.....	132
Секция 4. ENGINEERING AND SMART SYSTEMS IN CONSTRUCTION	138
В.А. Екимовская, С.Б. Сборщиков ИНЖИНИРИНГОВАЯ СХЕМА ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	138
Е.М. Железнов, П.Ю. Воробьев ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ТОЧНОСТЬ ВОССТАНАВЛИВАЕМОЙ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ	141
Ю.А. Исачкина, Ж.М. Говорова ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО ВОДООТВЕДЕНИЯ МЕТРОПОЛИТЕНА	149
Е.М. Коченкова, С.Б. Сборщиков ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ТЕРРИТОРИЙ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА	156
А.Д. Плотников, О.А. Король ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ ПРИ ИХ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ	160
У.С. Рудич, Ж.М. Говорова ПРОБЛЕМА ОБРАЗОВАНИЯ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЦВЕТНЫХ МАЛОМУТНЫХ ВОД.....	166
А.Е. Руин, А.А. Смыков, М.В. Бодров ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗЛИЧНЫХ ПОТОЛОЧНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ ЛУЧИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ.....	173
Е.В. Спасибо, Е.С. Гогина ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАММОКС В ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД.....	180
Секция 5. GLOBAL ENVIRONMENTAL CHALLENGES	185
Ю.А. Бронникова, В.А. Курочкина, А.В. Дейнеко ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ДОМА КАК ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО И «ЗЕЛЁНОГО» СТРОИТЕЛЬСТВА.....	185

Е.А. Давыдова, С.В. Ильвицкая	
ФОРМИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ МОЛОДЫХ СЕМЕЙ В АСПЕКТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ	193
Наі Uyen Doan	
THE ECONOMIC EFFICIENCY OF GREEN REAL ESTATE DEVELOPMENT PROJECTS IN VIETNAMESE CITIES	198
Е.В. Носорев, Н.А. Макиша	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ.....	204
Р.Ю. Рукавишников, М.Ю. Мишланова	
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА «КОМПЛЕКС ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ»	209
Р.Ю. Рукавишников, М.Ю. Мишланова, Ю.Ю. Рукавишников	
ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	218
С.С. Саакян, М.С. Пантелеева	
КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ SCRUM-КОМАНДЫ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА.....	226
П.И. Скульский, Н.Н. Щепкина	
КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕГО КОНТРОЛЯ НА МАЛЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ.....	231
С.К. Хлебников, К.В. Ратникова, И.А. Сметанин, В.А. Курочкина	
ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ И ИХ РОЛЬ В СТРУКТУРЕ ОТКРЫТЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ЧЕРМЯНКИ.....	239

Секция 1. MODERN BUILDING MATERIALS

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ БЕТОНОВ АКУСТИЧЕСКИХ ЭКРАНОВ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Д.С. Алексеева, Д.В. Полосина, Н.И. Шестаков

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Предмет исследования: снижение отрицательной экологической нагрузки на участках автомобильных дорог посредством установки акустических экранов, изготовленных из фотокаталитических бетонов. Возможность снижения рассматривается на примере Московской кольцевой автомобильной дороги (МКАД).

Цели: способ улучшения экологической обстановки, путем сокращения содержания количества оксидов азота на участках автомобильных дорог.

Материалы и методы: в качестве добавок к цементному камню и раствору, были использованы целлюлозная суспензия и диоксид титана, с помощью метода математического планирования определены их оптимальные концентрации.

Результаты: получены различные составы минеральных композитов с добавлением целлюлозной суспензии и диоксида титана, применяемые для производства акустических экранов

Выводы: при установке акустических экранов из фотокаталитических бетонов, произойдет улучшение экологической обстановки на МКАД и возможно произойдет снижение ПДК с.с. по оксидам азота до допустимого уровня.

ВВЕДЕНИЕ

Отрицательная экологическая нагрузка вызывается путем увеличения уровня шума и вибрации, а также увеличением содержания вредных веществ в атмосфере. Рост нагрузки происходит пропорционально росту городов, который сопровождается увеличением количества городского транспорта и увеличению выбросов при сжигании топлива.

Дозы некоторых загрязняющих веществ находятся в пределах уровня ПДК, соответствует нормативным значениям, количество других превышает нормы в 1,5 – 2,5 раза.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В настоящее время перспектива использования фотокаталитических бетонов была изучена кандидатом технических наук Ляпидевской Ольгой Борисовной. Диоксид титана-экономичный и эффективный материал, обладающий фотокаталитическими свойствами. В работе, особенное внимание уделяется механизму создания самоочищающейся поверхности, посредством фотохимического окисления оксида азота [1].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экологическая обстановка воздушного бассейна Москвы является предметом постоянного мониторинга. На территории города работают станции мониторинга качества

атмосферного воздуха. Ведется контроль таких веществ, как оксид азота (NO), диоксид азота (NO₂), диоксид серы (SO₂), оксид углерода (CO), взвешенные частицы (PM10 и PM2,5). По данным Мосэкомониторинга, индекс загрязнения атмосферы NO и NO₂ на участках МКАД в среднем за год находится на уровне 2,2 и 1,9 соответственно [2,3]. Данные показатели характеризуют автомобильную дорогу, как участок с «повышенной» степенью загрязнения атмосферы, что создает повод для поисков решения данной проблемы.

Следующим шагом в исследовании было определение оптимального содержания количества волокон целлюлозы и диоксида титана. Для этого проводился полный двухфакторный композиционный эксперимент.

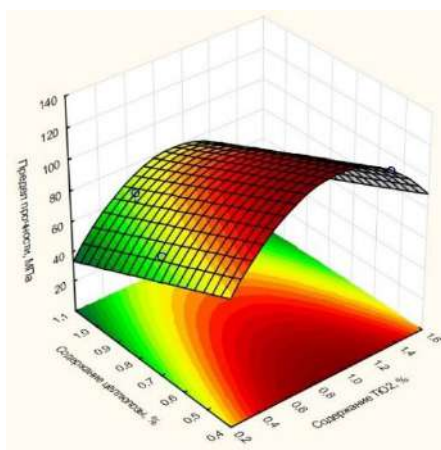
Математическое моделирование способствует изучению влияния содержания добавок на физико-механические свойства, получаемых композитов, при уменьшении лабораторных испытаний, и более рациональному анализу.

Для испытания образцов кубиков 20×20×20 из цементного камня, была составлены матрица планирования эксперимента в натуральных величинах.

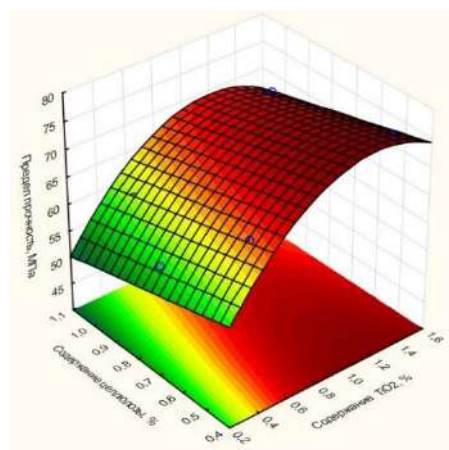
Таблица 1. Матрица планирования эксперимента в натуральных величинах

№ варианта	Планирование	
	Количество TiO ₂ , масс.%	Количество целлюлозы, масс.%
1	0,5	0,5
2	1,5	0,5
3	0,5	1
4	1,5	1
5	0,29289	0,75
6	1,7071	0,75
7	1	0,39645
8	1	1,1036
9	1	0,75

Исходя из полученных результатов была составлены математическая модель и поверхность функции отклика по прочности на сжатие в сухом и водонасыщенном состоянии для кубиков, изготовленных из цементного камня, и на сжатие и изгиб для балочек, изготовленных из цементного раствора. (Рис.1 и 2) А также определены границы варьирования оптимального содержания добавок в составе, для получения эффективных фотокаталитических акустических экранов автомобильных дорог.

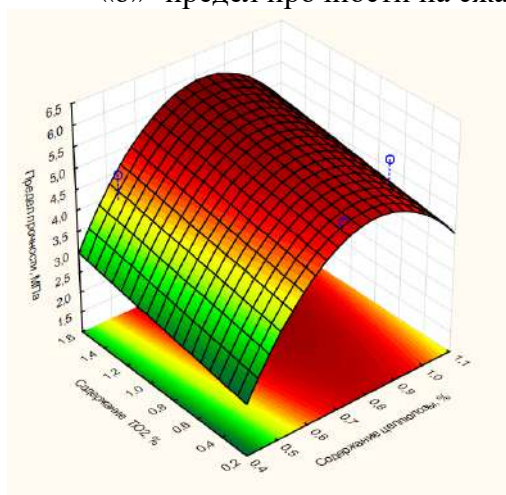


«а»

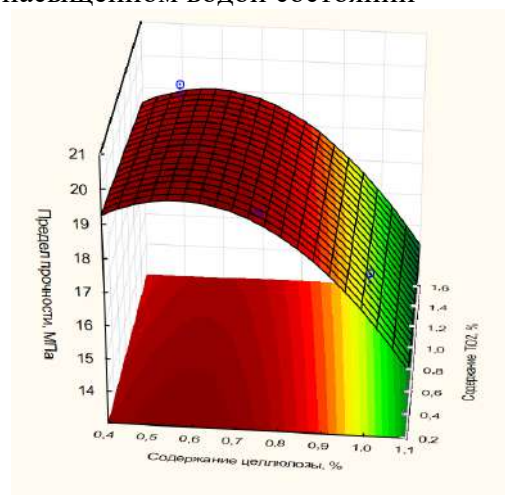


«б»

Рис. 1. Трехмерные поверхности функции отклика показателя:
 «а»- предел прочности на сжатие в сухом состоянии,
 «б»- предел прочности на сжатие в насыщенном водой состоянии



«а»



«б»

Рис. 2. Трехмерные поверхности функции отклика показателя:
 «а»- предел прочности на изгиб, «б»- предел прочности на сжатие.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При увеличении концентрации целлюлозных волокон, предел прочности снижается по линейному закону, что соответствует уже известными данным о подобных композитах.

Диоксид титана анатазной модификации обладает слабой реакционной способностью и в составе композита приводит к увеличению прочности в зоне оптимума за счет уплотнения структуры и заполнения пор (Рис. 3).

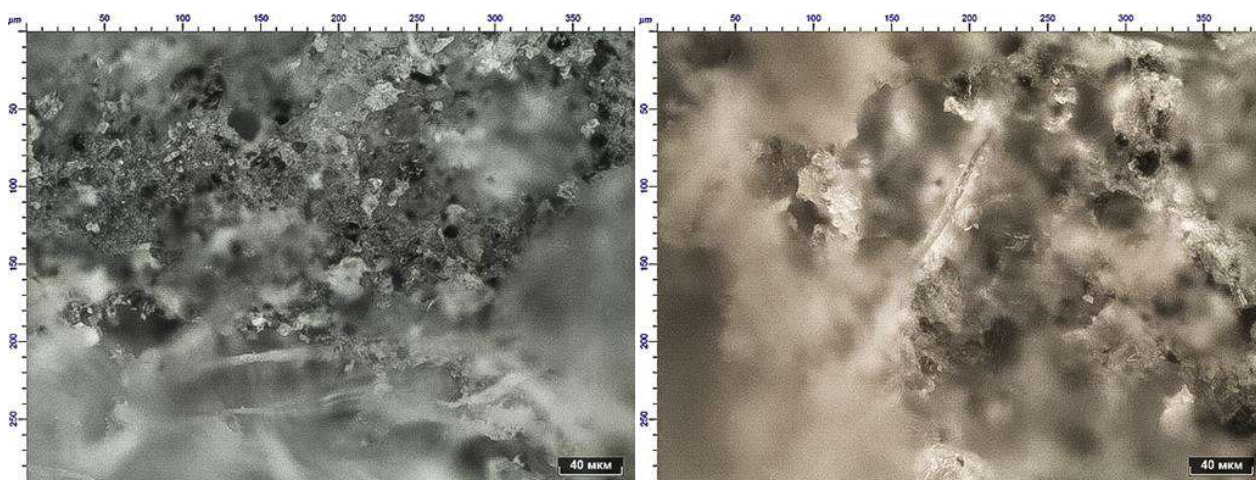


Рис. 3. Микроснимки поверхности полученных материалов

Из анализа трехмерной поверхности функции отклика показателя предела прочности на сжатие можно сделать вывод, что оптимальное содержание TiO_2 находится в пределах от 0,8 до 1,1 %, а для целлюлозы – от 0,4 до 0,8 %.

Из анализа трехмерной поверхности функции отклика показателя предела прочности на изгиб оптимальное содержание TiO_2 находится в пределах от 0,6 до 1,0 %, а для целлюлозы – от 0,4 до 0,8 %.

ВЫВОДЫ

Анализ информации по поверхностям функции отклика по прочности на сжатие образцов кубиков $20 \times 20 \times 20$, а также, на сжатие и изгиб балочек, позволяет сделать вывод, что способ улучшения экологической обстановки, посредством применения акустических экранов из фотокаталитических бетонов содержит в себе перспективы. Использование акустических экранов нового типа вдоль автомобильных дорог повлечёт за собой сокращение количества веществ-загрязнителей в атмосфере.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ляпидевская О.Б., Фрайт М.А.* Фотокаталитический бетон для дорожного строительства // Вестник МГСУ. Москва, 2014, С.125-130.
2. *Шестаков Н.И., Полосина Д.В., Алексеева Д.С.* Перспективы применения акустических экранов из фотокаталитических бетонов на примере МКАД // Сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции «Молодые учёные России». Пенза, 2020, С. 39-43. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44025810>. Дата обращения: 25.02.21
3. Правительство Москвы департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы [Электронный ресурс] // Станция измерения воздуха «МКАД 105»: сайт. [2021]. URL: http://www.dpioos.ru/eco/ru/station_map/o_454269. Дата обращения: 21.11.20

ТОКОПРОВОДЯЩИЙ ЦЕМЕНТНЫЙ КАМЕНЬ, МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫМ ПОЛИМЕРНЫМ ПЛАСТИФИКАТОРОМ

А.М. Бахрах,¹ А.А. Солодов,² О.А. Ларсен¹

¹ ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

² ООО «Зика»

Аннотация

Предмет исследования: электротехнические свойства токопроводящих композитных материалов на основе композиционного цементного вяжущего.

Цели: определение влияния высокоэффективного суперпластификатора на удельное электрическое сопротивление токопроводящего композиционного вяжущего на основе портландцемента.

Материалы и методы: Портландцемент ПЦ 500 Д0, суперпластификатор на основе эфиров поликарбоксилатов, технический углерод П-803 (сажа строительная).

Результаты: показано положительное влияние применения суперпластифицирующей полимерной добавки на реологические свойства теста из композиционного токопроводящего вяжущего, электротехнические свойства полученного токопроводящего цементного камня.

Выводы: рекомендовано применение высокоэффективных суперпластификаторов на основе эфиров поликарбоксилатов для повышения удельной электрической проводимости бетэловых смесей за счет повышения однородности токопроводящего цементного камня.

ВВЕДЕНИЕ

Токопроводящие композиционные материалы применяются в различных отраслях промышленности. Их получают на основе различных матриц: полимерных [1], керамических [2], цементных [3]. Основным функциональным свойством токопроводящих композиционных материалов является их способность к разогреву при пропускании электрического тока [4]. Способность к разогреву определяется величиной удельного электрического сопротивления материала. Композитные резистивные нагреватели на полимерной основе могут решить проблему локального обогрева оборудования и изделий [5], нагреватели на основе цементных матриц (бетэловые) могут применяться для получения высокоэффективных объемных нагревателей с большой поверхностью для внутреннего и наружного обогрева [6]. Актуальным направлением [7] исследований в области исследования бетэла является повышение технологичности токопроводящих бетонных смесей для улучшения электротехнических и эксплуатационных свойств изделий из бетонов на их основе. Настоящая работа выполнялась в рамках цикла исследований автора, посвященных улучшению реологических свойств токопроводящих бетонных смесей.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В основу получения эффективного токопроводящего бетона положен принцип введения токопроводящего компонента в бетонную смесь и его равномерного распределения по объему с целью получения цепочек проводящего компонента. Основные различия обеспечиваются различными видами токопроводящего компонента, способами

приготовления бетонной смеси.

В работе [8] приводится исследование возможности получения электропроводного бетона за счет комбинирования стальной арматурной сетки и целой фибры. Подобное решение было предложено в качестве замены сочетания стальной стружки и фибры для получения более удобоукладываемой бетонной смеси.

В отечественной практике, как правило, для обеспечения электропроводности бетона применяются добавки на основе углерода, получаемые путем сжигания органических материалов. В методических рекомендациях [9, 10], в качестве токопроводящей добавки рекомендуется использовать коксовую мелочь различных фракций.

В работе [8] показана возможность получения электрокомпозиционного вяжущего на основе портландцемента, технического углерода марки П-803 и суперпластификатора С-3. При этом основной задачей было повышение технологичности бетэла и получение бетэловой смеси пластического формования.

Широко бетэлы не применяются, что возможно объясняется их низкой технологичностью: получаемые смеси являются жесткими, так как токопроводящий компонент обладает очень высокой водопотребностью. Указанное определяет необходимость работы над повышением технологичности бетэловых смесей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве вяжущего в работе был использован бездобавочный портландцемент ПЦ 500 Д0 производства ООО «Холсим (РУС) СМ», соответствующий ГОСТ 10178-85 «Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия». В качестве токопроводящего компонента был принят технический углерод марки П-803 в соответствии с ГОСТ 7885-86 «Углерод технический для производства резины. Технические условия». В работе применялся суперпластификатор на основе эфиров поликарбоксилатов BASF Melflux 5581F. Для затворения применялась вода в соответствии с ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия».

В работе влияние количества пластификатора, и, следовательно, подвижности на удельное электрическое сопротивление смеси оценивались на цементном тесте, состав которого был принят в соответствии с [7]. Максимальное количество добавки было подобрано, исходя из обеспечения самовыравнивания смеси, как одного из важных технологических качеств. Количество добавки, равное 0,5 от максимального значения, было принято за минимальное, эффект самоуплотнения при этом отсутствовал. В качестве контрольного состава для сравнения был выбран образец из портландцемента без добавок. Составы исследуемых образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Составы образцов

№ образца	Цемент, % по массе	Тонкодисперсный углерод (сажа), % по массе	Пластификатор, % по массе	Вода, % по массе
1	28,45	42,65	0,45	28,45
2	28,3	42,5	0,9	28,3
3	71,5	0	0	28,5

Перед затворением сухие компоненты подвергались перемешиванию в шаровой мельнице в течении 10 минут. Твердение образцов осуществлялось в камере нормального

твердения. Удельное электрическое сопротивление образцов измерялась с помощью мультиметра DT 9502A, подключаемого к контактным пластинам образца (рисунок 1).



Рис. 1. Измерение сопротивления образца

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

После схватывания цементного теста и приобретения образцами достаточной прочности были проведены измерения. Измерения проводились в соответствии с описанной выше методикой. На рисунке 1 представлены результаты измерения в возрасте от 6 до 18 суток нормального твердения. Более ранние исследования показали для такого состава и вида образца высокую вероятность разрушения образца ввиду расположения контактных пластин при измерении в ранние сроки твердения. Вопрос выбора вида образцов для измерения элетротехнических показателей требует дополнительной проработки и изучения.

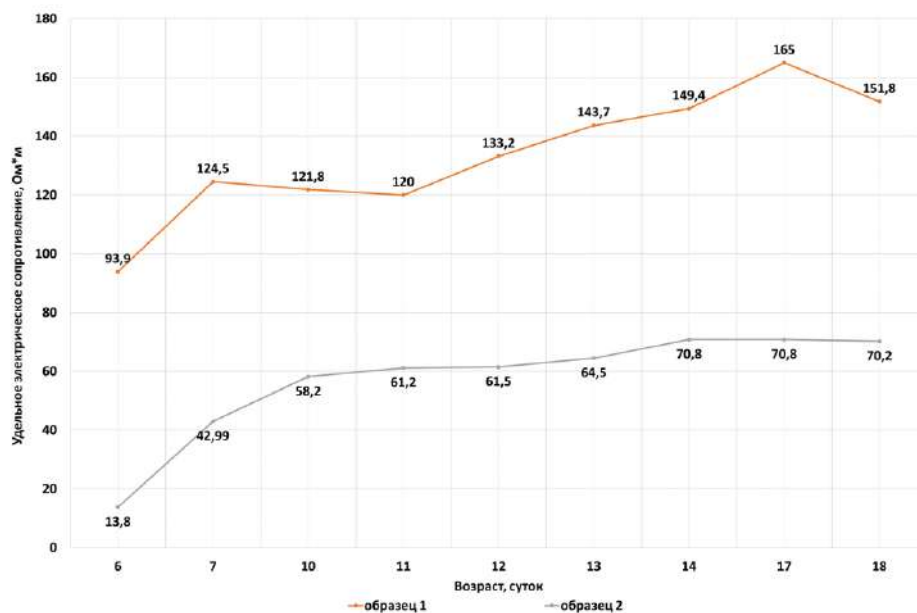


Рис. 2. Сравнение величины удельного электрического сопротивления для образцов 1 и 2

На рисунке 3 приведено сравнение значений удельного электрического сопротивления для образцов 1, 2 и 3. Из графика видно существенное снижение сопротивления в сравнении с образцом, состоящим из чистого цементного камня. Величина удельного электрического сопротивления для цементного камня составила 4713 Ом*м на 18 стуки твердения, что более чем в 70 раз превышает аналогичную величину для токопроводящего цементного камня с высоким количеством добавки.

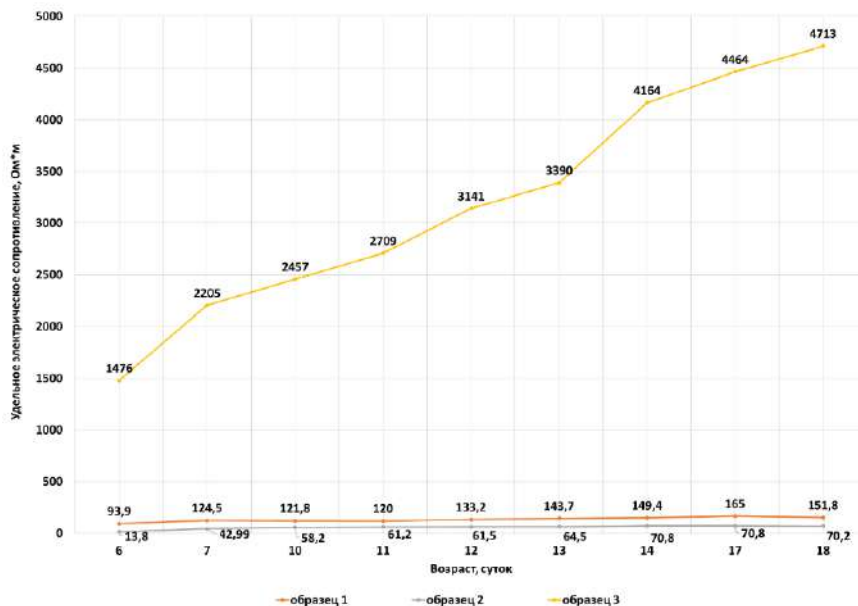


Рис. 3. Сравнение величины удельного электрического сопротивления для образцов 1, 2 и эталонного образца № 3

ВЫВОДЫ

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о возможности использования супепластификаторов на основе эфиров поликарбоксилатов для повышения пластичности токопроводящих бетонных смесей с добавлением тонкодисперсного углерода. В работе показано значительное снижение удельного электрического сопротивления при повышении подвижности смеси за счет увеличения количества суперпластифицирующей добавки. Образцы, содержащие в 2 раза большее количество добавки, и, как следствие, обладающие более высокой подвижностью, имеют в 2 раза меньшее электрическое сопротивление. Полученные результаты показывают возможность улучшения эксплуатационных свойств токопроводящих бетонов за счет использования высокоэффективных полимерных пластификаторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марков А.В., Чижов А.С. Электропроводящие саморегулирующиеся материалы на основе полиэтиленовых композиций с СВМПЭ и техническим углеродом / Тонкие химические технологии / 2019. № 14(2). С. 60-69. DOI: 10.32362/2410-6593-2019-14-2-60-69
2. Шутилов Р.А., Мызь А.Л., Кузнецов В.Л., Карагедов Г.Р. Токопроводящие керамические композиты на основе Al₂O₃, модифицированные многослойными углеродными нанотрубками. Перспективные материалы, 2016, № 8, с. 64 - 73.

3. *Баженов, Ю.М.* Технология бетона: учебник для студентов высших учебных заведений / Ю.М. Баженов. - М.: Издательство АСВ, 2011. – 375с.
4. *Ягубов В.С., Щегольков А.В.* Саморегулируемый электронагреватель на основе эластомера, модифицированный многослойными углеродными нанотрубками // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 341–345.
5. *Ягубов В.С., Щегольков А.В.* Влияние различных типов углеродных нанотрубок и их концентраций на электрофизические параметры электронагревателей с саморегулированием температуры // Вестник ТГТУ. 2019. Т. 25. № 4. С. 678–689.
6. *Маевский, Е.К.* Перспективы использования электроотопления жилых и общественных зданий /Е.К. Маевский, Б.И. Долгинов. // Возможности использования электропроводного бетона (бетэла) в гражданском строительстве — Новосибирск, 1971. — С.40-47.
7. *Пулатов А.А.*, Бетон электропроводный пластического формирования на электрокомпозиционном вяжущем. / А.А. Пулатов. — Москва: МГСУ, 1995. — 150с.
8. *Investigation on conductive concrete [Электронный ресурс] /.* — *Электрон. текстовые дан.* — Режим доступа: <https://studylib.net/doc/17602999/summary--electrically-conductive-concrete-is-usually-prod>, свободный.
9. Рекомендации по приготовлению электропроводящего раствора: утв. Госстрой СССР Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт бетона и железобетона (НИИЖБ) 10.01.1983-Москва.1983.-9с.
10. Рекомендации по приготовлению электропроводящего бетона: утв. Госстрой СССР Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт бетона и железобетона (НИИЖБ) 04.05.1983-Москва.1983.-11с.

ПРИМЕНЕНИЯ НАДЕЖНОЙ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЙ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ

О.С. Блинова, С.Д. Сокова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Предмет исследования: главная проблема в рамках исследования - сложность подбора наиболее подходящей системы гидроизоляции подземной части зданий для капитального ремонта.

Цели: подбор оптимальной системы гидроизоляции при помощи математического аппарата – метода анализа иерархичной балльной системы.

Материалы и методы: в виде выбранных методов исследования была использована операция сравнений, определяющая приоритетные показатели в вопросе выбора материала. Отбор проводился равно как среди новейших используемых материалов, так и среди относительно давно вошедших в эксплуатацию. Установлено, что исключительно неблагоприятные условия эксплуатации появляются во время капитального ремонта сооружений, находящихся в тесных городских застройках при контакте с агрессивными грунтовыми водами.

Результаты: результативность метода анализа иерархичной балльной системы представлена авторами при подборе наиболее подходящего материала для защиты подземных конструкций здания.

Выводы: авторами выбрана инновационный материал для защитного слоя гидроизоляции подземных конструкций здания Н-1. Данный материал максимально удовлетворяет технологическим, эксплуатационным и экономическим требованиям современной эксплуатации зданий и сооружений.

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее значимый этап в жизненном цикле здания- эксплуатация зданий и сооружений. Для технически обоснованной эксплуатации необходимо позаботиться о верном и грамотно подобранном виде гидроизоляции. Особенно, если дело касается подземных частей зданий и сооружений. От правильной эксплуатации непосредственно зависит комфортность и долговечность строений [1].

Вода является одним из самых часто встречающихся факторов разрушения конструктивных частей элементов здания. При потеплении происходит подъем уровня грунтовых вод из-за начала оттаивания снежного покрова. Просачивание воды возможно не только через рабочий шов в месте примыкания стены к фундаменту, но и непосредственно через бетон [2]. Существуют открытые поры, через которые происходит быстрое насыщение конструкции водой, и закрытые поры, в которые влага попадает только в результате капиллярного подсоса [3]. Влага начинает подниматься вверх через поры. Чем меньше диаметр капилляров, тем на большую высоту может подняться уровень грунтовых вод. На высоту подъема непосредственно оказывает влияние вид грунта: чем больше и тяжелее фракции грунта, тем больше уровень подъема.

В значительных по размеру порах и больших пустотах вода замерзает обычно при температуре ниже 0°C, из-за находящихся в ней растворенных солей, различных примесей,

понижающих температуру замерзания. В мелких капиллярах диаметром 10^{-16} см и менее вода замерзает при температуре ниже минус 24°C . Объем воды при переходе в лед увеличивается примерно на 8-9 %, вызывая значительные напряжения в материале конструкции. При переходе жидкой фазы воды в твердое льдообразное состояние свободные крупные поры служат дополнительным объемным резервуаром для компенсации расширения влаги в мелких порах и капиллярах. В связи с этим у хорошо уплотненных несущих конструкций материалы [4] более морозостойки. Многократные «качели» температуры в конструкциях, приводят к постоянному замораживанию с увеличением объема и оттаиванию конструктивных элементов, что вызывает постепенное разрушение самого материала и разрыв в структурных связях. Сопровождается это явление появлением трещин и значительным снижением прочности. Выбор долговечной надежной гидроизоляции подземных конструкций представляет собой архисложную многофакторную комплексную задачу, поэтому для успешного ее использования необходимо ориентироваться на математический подход при ее создании для точного и обоснованного результата [5].

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Помимо непосредственно данного исследования, были изучены многочисленные труды. Выполненный анализ показал наличие существенного интереса по отношению к изучаемой проблеме в работах отечественных авторов.

При старте выполнения проекта сложных систем трудно определить эффективную модель подбора. Это происходит от того, что не ее работу влияют разные факторы и характеристики действия других систем. Поэтому необходим поиск и сравнение различных моделей с подтверждением математическими методами [1-5]. Математические модели подбора максимально подходящих по свойствам при помощи аналитических методов исследовали знаменитые ученые математик Томас Саати, Игорь Алексеевич Рябинин.

Возможным направлением поиска показателей надежности рассматриваемых систем выбраны метод анализа иерархий и логико-вероятностный метод, предложенный английским ученым [12], который постоянно совершенствуется математиками [13–15] в целях обеспечения безопасности системам любой основы, а также для быстрого управления их действиями [18–20]. Большой вклад в это направление внес отечественный ученый И.А. Рябинин на примерах различных энергетических систем и космических станций [15]. Строителями этот метод использован для вычисления надежности в архитектуре и в управлении строительными организациями [16].

В настоящий период времени засыпная изоляция с гранулами бентонитовых глин приобретает обширное использование. Засыпная гидроизоляция – совокупность мероприятий, ориентированных на охрану конструктивных элементов сооружения от пагубного влияния влаги [4]. В создании плотной структуры и тем самым повышения свойств гидроизоляции применяемые материалы обладают свойством набухаемости. В виде засыпки применяют модифицированные сыпучие гранулы бентонитовых глин, которые при взаимодействии с водой формируют уплотненный защитный водонепроницаемый слой, защищающий от влаги.

Изолирующая способность глин обусловлена свойством данных минералов увеличиваться в объеме при увлажнении (набухать) и образовывать пластичное тесто, способное сохранять заданную ему форму. Данное свойство объясняется слоистым строением глинистых частиц, которые разбухают и увеличиваются в размерах за счет проникновения воды в пространство между слоями. При увлажнении сухой глины молекулы

воды (липолии) втягиваются между слоями частицами глинистых минералов и адсорбируются на их поверхности, образуя гидратные оболочки, под действием которых данные частицы раздвигаются, вызывая увеличение объема [6].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данной статье сравним и рассмотрим засыпку гранул бентонита Н-1 совместно с мелкими фракциями песка в качестве горизонтальной гидроизоляции фундаментов.

Устройство гидроизоляции с использованием Н-1 осуществляется в сухую погоду при положительных температурах окружающего воздуха от +2 до +50 градусов. При циклическом оттаивании и замораживании грунта смесь из предлагаемых материалов своих свойств не меняет. При выполнении гидроизоляционных работ, при технологических ожиданиях или перерывах в работе состав следует предохранять от любых атмосферных воздействий (дождь, снегопад) и физических или механических воздействий путем различной защиты укрывающими пленочными материалами или металлическими, или деревянными щитами [6].

Предлагаемый состав может применяться для каменных, бетонных, железобетонных и металлоконструкций в виде:

- как временной, так и постоянной гидроизоляции;
- гидроизоляции, работающей под напором (давлением) и без напора (от капиллярного подсоса);
- вертикальной, горизонтальной и наклонной гидроизоляции;
- в качестве наружной и внутренней гидроизоляции;
- гидроизоляции в швах (деформационных, температурных и осадочных);
- в качестве антифильтрационной и герметизирующей гидроизоляции для [8] предотвращения поступления фильтрующей жидкости внутрь или наружу защищаемого контура.

Для доказательной базы выбор эффективного материала проводился с применением критериальной иерархично балльной оценки. Составлялась матрица попарных сравнений критериев относительно цели. В ходе расчётов были выбраны минеральные композиции на основе гранул набухающих глин. В таблице 1 представлены критерии [3], [8], [9-11], опираясь на которые, мы можем провести сравнительный анализ. Далее в зависимости от выбранного свойства расставлялся приоритет каждого критерия. Выбор производится по принципу сложения веса (значимости) параметров чтобы в сумме получалась – 1. Затем оцениваем по 10-балльной шкале каждый из критериев и перемножаем показатель веса критерия и значение соответствующего показателя критерия материала. После этого суммируем полученные баллы и получаем итоговую оценку каждого материала.

Таблица 1. Критерии оценки применяемого материала

Свойства	Морозостойкость	Устойчивость в диапазоне рН	Устойчивость материала при его укладке на откосах	Долговечность при использовании	Время на укладку 1м ²	Расход гидроизоляционной сухой смеси 1 м ²	Стоимость	Итого
Вес параметра	0,15	0,1	0,1	0,2	0,05	0,15	0,15	1
Н-1	200 циклов	4-12	1:3	Более 100 лет	6,52 (Очистка бетонной поверхности от наплывов Сверление отверстий и установка анкера Устройство защитной стенки из кирпича с анкерами Засыпка и трамбовка ГСС-Н1)	70-75 кг	7,5 руб/кг	8,25
	10	6	8	10	4	5	9	
	1,5	0,6	0,8	3	0,2	0,8	1,35	
Смесь с песком	15 циклов	7	1:3,5	15 лет	0,75 (Очистка бетонной поверхности от наплывов Сверление отверстий и установка анкера для прижимного каркаса Укладка лаг Засыпка и трамбовка перлитового песка)	10-15 кг	11,3 руб/кг	5,5
	3	6	9	3	8	9	6	
	0,45	0,6	0,9	0,6	0,4	1,35	1,2	

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Надежность систем определяется в первую очередь их работоспособностью. Подземная гидроизоляция обеспечивает защиту несущих стен подвалов и фундаментов. Эта защита может быть или в работоспособном состоянии, или в неработоспособном. Окружающие конструктивные элементы или среда также имеют различное состояние. Поэтому зависимость работоспособности системы с состоянием этих элементов можно выразить:

$$y(x) = y(x_1, x_2, x_3), \quad (1)$$

где x_i — переменная, определяющая работоспособное состояние i -го элемента системы. После нахождения оптимального варианта с обеспечением работоспособности был

принят гидроизоляционный состав на основе бентонитового порошка и песка и дополнительно проведен сравнительный анализ критериальным экспертным методом на основе метода анализа иерархий. Приведенные результаты исследований доказывают преимущества и надежность данного метода.

В результате проведенных расчетов был определен наилучший состав с долговечными и высокими гидроизоляционными свойствами. Благодаря иерархичной балльной системе мы максимально объективно оценили и проанализировали все достоинства и недостатки рассматриваемых материалов.

Таким образом, смесь Н1 наилучшим образом соответствует необходимым характеристикам при выборе засыпных гидроизоляционных материалов для подземных конструкций при их эксплуатации.

Укладка данного состава достаточно проста в исполнении и лояльна к температурному режиму. Смесь Н1 также обладает высоким показателем морозостойкости, что особенно важно для климата средней полосы. Ее невысокая закупочная стоимость является также важным критерием при выборе материала. Срок службы состава Н1 близок к сроку службы здания, что несет за собой также и экономическую выгоду за счет ненужности в постоянных работах по замене гидроизоляции.

ВЫВОДЫ

С помощью математического метода авторы сумели предложить инновационный материал, предназначенный для гидроизоляции подземных частей зданий и сооружений при капитальном ремонте – Н-1. Данный материал имеет отличительную особенность, заключающуюся в высокой надежности. Он образует объемный гидроизоляционный слой на поверхности несущей конструкции, тем самым защищая ее от коррозионных процессов, может быть использованным в труднодоступных местах, обладает длительным сроком службы, сравнимым с периодом эксплуатации самого здания; данный материал для гидроизоляции обладает высоким показателем морозостойкости, а также является экологическим материалом для на окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мезенцев С.Д., Смирнова Н.В., Смирнов А.В. Применение теории надёжности для обеспечения эксплуатационных свойств гидроизоляционных систем подземной части зданий и сооружений // Научное обозрение. – 2017. – № 20. – С. 45-49
2. *Serafima Sokova and Nadezhda Smirnova.* Reliability assessment of waterproofing systems of buildings underground parts. Reliability assessment of waterproofing systems of buildings underground parts. 14.07.2018. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 365 (2018) 052028
3. Король Е.А. Никифорова Н.С. Совершенствование конструктивно-технологических решений и методов расчета покрытий подземных сооружений// Вестник МГСУ. 2018. № 3 (114). С. 330-338
4. Смирнова Н.В. Алгоритм принятия решений по выбору гидроизоляции подземной части зданий и сооружений// Дни студенческой науки. 2017. С. 329-331.
5. Сокова С.Д., Смирнова Н.В. Комплексная защита подземных конструкций при эксплуатации, Международный научно-технический журнал “Недвижимость: экономика, управление” №3 ноябрь 2019, стр 42-45
6. Шилин А.А., Зайцев М.В., Золотарев И.А., Ляпидевская О.Б. Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте// Учебн. пособие. Тверь, издательство: Русская торговая марка. 2003. 398 С.
7. М.Е. Дементьева Теоретические основы износа материалов и конструкций – Москва, 2014, 37с.
8. ТУ 5745-433-05800142-2016

9. СТО СРО-П 60542948 00038-2015. Стандарт организации. Применение гидроизоляционного специального состава различных фракций при проектировании и строительстве гидротехнических сооружений, зданий и сооружений атомных электростанций.
10. *Смирнова Н.В.* Применение математического метода при выборе гидроизоляции конструкций зданий и сооружений [Электронный ресурс] // Интернаука: научный журнал. 2019. – № 29 (111). – М., Изд. «Интернаука».
11. *Король ЕА, Сокова С.Д., Смирнова Н.В.* Формирование критериев оценки эффективности гидроизоляционных систем, БСТ № 4(1028) 2020 стр 60-61
12. *Saaty T.L.* Relative measurement and its generalization in decision making: why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors — the analytic hierarchy/network process // Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics. 2008. Vol. 102 (2). Pp. 251–318.
13. *Saaty T.L.* Analytical networks. М. : Publishing house LCI, 2008. 360 p.
14. *Рябинин И.А.* Надежность и безопасность структурно-сложных систем. СПб : Политехника, 2000. 247 с.
15. *Галиев Р.Ф.* Совершенствование систем управления строительных организаций с использованием механизма логико-вероятностного моделирования процессов управления : автореф. дис. канд. экон. наук. М., 2007. 192 с.

МОДИФИКАЦИЯ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО КОМПЛЕКСНЫМИ МИНЕРАЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОДУКТОВ ПРОИЗВОДСТВ

Н.С. Жукова, А.А. Блинова, А.Ф. Гордина

ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»

Аннотация

Предмет исследования: модификация гипсовых вяжущих комплексными минеральными добавками на основе техногенных продуктов производств.

Цели: Разработка составов гипсовых композиций с улучшенными физико-техническими параметрами, обоснование полученных результатов при помощи современных методов физико-химического анализа.

Материалы и методы: Строительный гипс марки Г-4 П Б, соответствующий ГОСТ 125-2018, портландцемент ЦЕМ I 42,5Н (ПЦ400 Д0), отходы производств – дегидратированная глина и метаксаолин. Испытания образцов-балочек проводились согласно стандартной методике по ГОСТ 23789-2018. Испытания на прочность проводились на гидравлическом прессе ПГМ-100 МГ 4. Для интерпретации полученных результатов проводился инфракрасный анализ с помощью ИК-Фурье спектрометра IRAffinity-1 в области частот 4000-400 см⁻¹ в проходящем свете.

Результаты: В ходе проведенных исследований было доказано, что введение в состав гипсового вяжущего 0,6% дегидратированной глины и 5% цемента приводит к росту прочности при сжатии на 13% по сравнению с контрольным составом. Введение 0,4% метаксаолина и 5% портландцемента обеспечивает прирост прочности на 26,8%. Физико-химические исследования модифицированных материалов показали, что при введении комплексных добавок в структуре материалов формируются новообразования на основе гидроалюмосиликатов кальция, которые приводят к дополнительному связыванию кристаллогидратов гипса и уплотнению морфологии, что обеспечивает улучшение механических свойств матрицы.

Выводы: Применение техногенных продуктов производств позволяет решить часть проблем энерго- и ресурсосбережения и экологичности, являющихся актуальными на сегодняшний день. Разработанное вяжущее возможно использовать при изготовлении перегородочных плит и панелей, применяемых в помещениях с нормальной влажностью.

ВВЕДЕНИЕ

Материалы на основе гипсового вяжущего находят широкое применение при изготовлении перегородочных плит и панелей, отделочных, акустических и огнезащитных материалов, а также штукатурных растворов благодаря высокой экологичности, хорошим теплозащитным и звукоизолирующим свойствам, а также простоте и экономичности производства. Однако область применения гипсовых вяжущих ограничивается из-за относительно невысокой прочности и низкой водостойкости изделий, в связи с чем возникает необходимость модификации вяжущего различными добавками.

В настоящее время актуальным направлением в области создания строительных материалов является применение энерго- и ресурсосберегающих технологий,

способствующих получению материала с повышенными физико-техническими параметрами, а также улучшению экологической обстановки. Наиболее распространенным методом ресурсосбережения является введение техногенных продуктов производств в качестве модифицирующих добавок, улучшающих свойства вяжущего.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Существуют исследования, направленные на изучение возможности модификации гипсового вяжущего тонкодисперсными добавками на основе техногенных продуктов различного происхождения. Так, отходы металлургического производства способствуют повышению прочности и водостойкости гипса [1, 2], а отходы на основе стеклобоя придают изделию способность защищать помещение от ионизирующего излучения [3]. Основным недостатком данного вида модификаторов является необходимость предварительной обработки, усложняющей процесс производства.

Перспективным направлением является введение в состав вяжущего техногенного модификатора, обладающего пуццоланической активностью совместно с химическим активатором – портландцементом. Комплексное введение модификаторов способствует ускорению процессов структурообразования, а также образованию малорастворимых соединений. В качестве техногенного модификатора могут выступать такие добавки, как диабаз, керамическая пыль, обожженные породы [4-6]. Такие добавки не требуют сложной предварительной обработки, что способствует энергосбережению при производстве изделий.

Таким образом, целью работы явилось исследование влияния комплексных добавок на основе портландцемента и техногенных модификаторов на физико-технические характеристики гипсового вяжущего.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения экспериментальных исследований применялись следующие материалы:

1. Строительный гипс марки Г-4 II Б, соответствующий ГОСТ 125-2018, производства ООО «Гипсополимер», г. Пермь;
2. Портландцемент ЦЕМ I 42,5Н (ПЦ400 Д0) производства ОАО «Магнитогорский цементно-огнеупорный завод» г. Магнитогорск;
3. Дегидратированная глина – отход производства керамического кирпича Ижевского завода керамических материалов, г. Ижевск. Химический состав добавки представлен оксидами кремния и кальция, средний размер частиц добавки составил 0,06 мкм;
4. Метакаолин ВМК-45 – отход производства кремний содержащих сплавов компании «СИНЕРГО», г. Магнитогорск, соответствующий ТИ 1613.2010, состоящий из смеси аморфного глинозема и кремнезема. Средний размер частиц добавки – 0,7 мкм. Для уменьшения размера частиц техногенный продукт подвергался ультразвуковой обработке совместно с пластификатором С-3 в количестве 0,03% от массы гипса. В результате обработки средний размер частиц добавки уменьшился до 0,08 мкм.

Для определения прочностных характеристик изготавливались образцы-балочки размерами 4×4×16 см по 3 образца каждого состава. Образцы выдерживались в формах в течение 20-30 минут, после чего распалубливались и хранились в нормальных условиях в течение 28 суток. Испытания на прочность проводились на гидравлическом прессе ПГМ-100 МГ 4. Для интерпретации полученных результатов проводился инфракрасный анализ с помощью ИК-Фурье спектрометра IRAffinity-1 в области частот 4000-400 см⁻¹ в проходящем свете.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ранее проведенные исследования [7] доказали возможность эффективного использования добавок на основе кремнезема совместно с портландцементом (до 5%) для улучшения свойств гипсового вяжущего. Применяемые в данном исследовании техногенные добавки – дегидратированная глина и метакаолин – схожи по составу и происхождению, в связи с чем предполагается схожий принцип их действия. Добавки вводились в диапазоне 0 – 1% с шагом 0,2%, портландцемент – в количестве 5% от массы вяжущего. Для определения оптимальной концентрации добавки были проведены физико-механические испытания образцов в возрасте 28 суток. Результаты представлены на рис. 1.

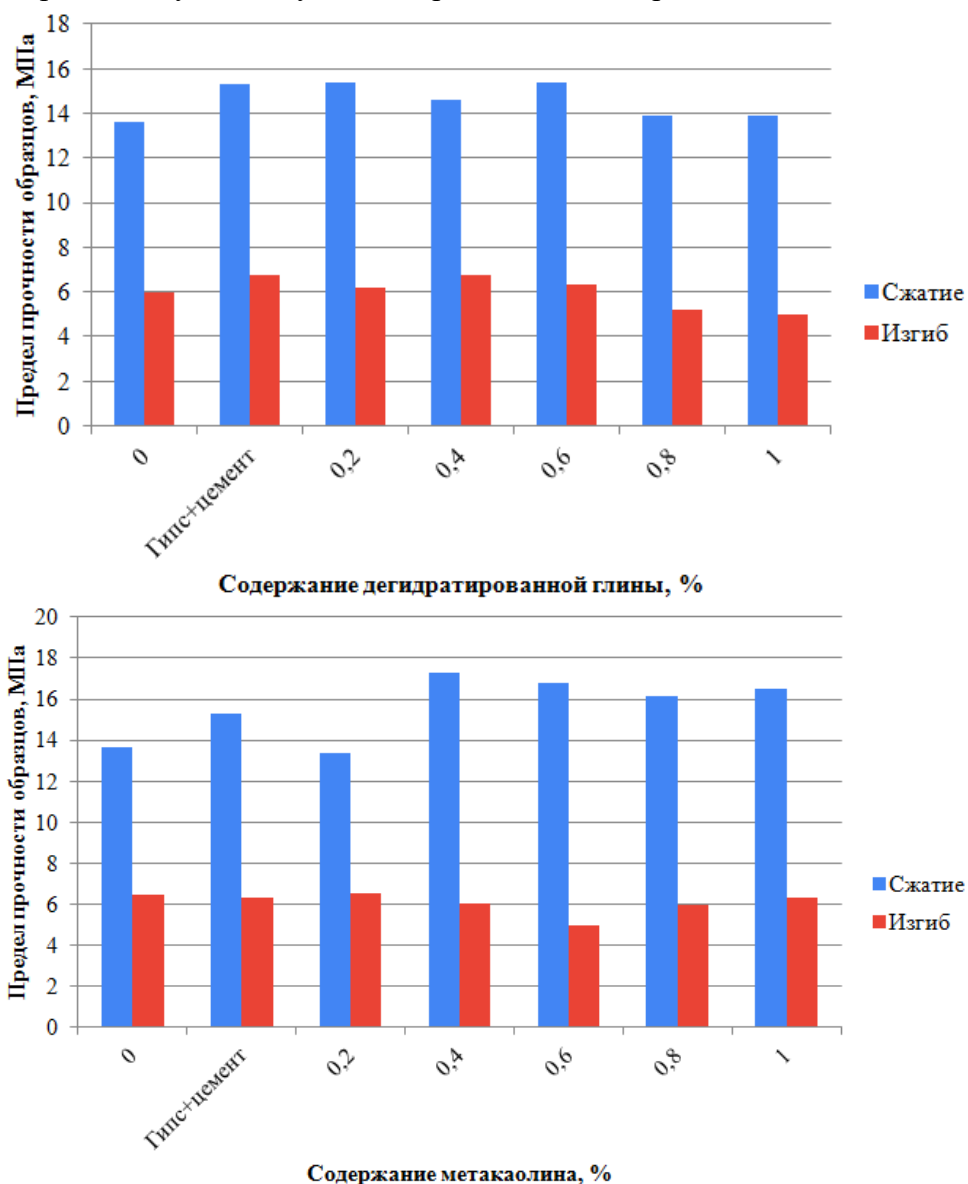
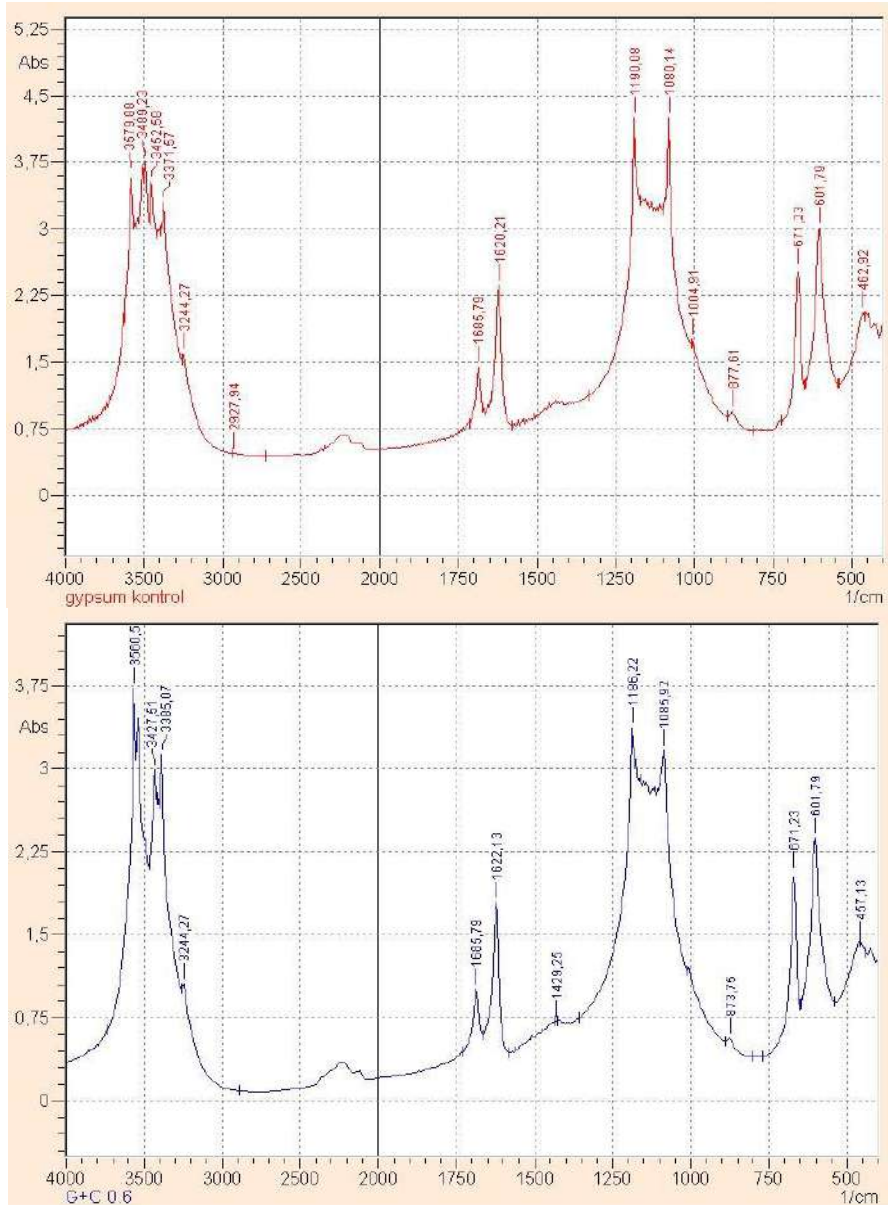


Рис. 1. Прочностные характеристики гипсового вяжущего с введением портландцемента и (а) – дегидратированной глины, (б) – метакаолина

На основании приведенной зависимости можно сделать вывод, что оптимальная концентрация дегидратированной глины составляет 0,6% от массы вяжущего, при этом

достигается прирост прочности при сжатии на 13% по сравнению с контрольным составом. Оптимальное содержание метаксаолина составляет 0,4% от массы вяжущего, прирост прочности при этом – 26,8% по сравнению с контрольным составом. Кроме того, при введении добавок в указанных концентрациях наблюдается рост коэффициента размягчения с 0,37 до 0,47, что говорит о незначительном повышении водостойкости материала. Рост прочностных характеристик, вероятно, связан с образованием аморфных соединений на основе гидрoалюмосиликатов кальция.



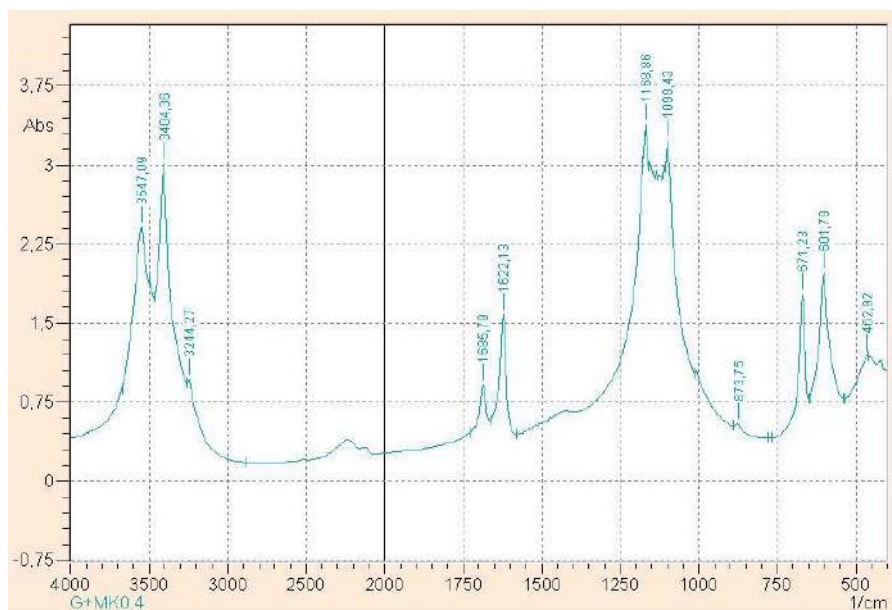


Рис. 2. Ик-спектр гипсовых композиций: (а) – без добавок; (б) – с содержанием дегидратированной глины (0,6%) и цемента (5%); (в) – с содержанием метакаолина (0,4%) и цемента (5%)

Для изучения происходящих физико-химических процессов полученные композиции были изучены с помощью ИК-спектрометра. Проведенный ИК-спектральный анализ контрольного состава (Рис. 2, а) позволил установить характеристические волновые числа основных группировок гипсового камня, такие как: симметричные и асимметричные валентные колебания ОН-групп (волновые числа 3200-3600 см^{-1}), деформационные колебания молекул H_2O (1685,79 см^{-1} ; 1620,21 см^{-1}), сульфатные группы SO_4^{2-} (1190,08 и 1080,14 см^{-1} (сильные), 1004,91 см^{-1} , 671,23 см^{-1} , 601,79 см^{-1} (слабые)), карбонатные CO_3^{2-} (~1435 см^{-1} и 877,51 см^{-1}), оксиды металлов (462,92 см^{-1}).

При сравнении ИК-спектра гипсовой матрицы без добавок и ИК-спектров гипсовой матрицы с добавлением техногенных модификаторов и портландцемента (Рис. 2., б,в) можно отметить, что происходят сдвиги волновых чисел и рост относительной интенсивности пиков, связанных с наличием сульфат-ионов и обусловленных наличием валентных колебаний ОН-групп. Это связано с дополнительным формированием кристаллогидратов в структуре гипсовой матрицы. Кроме того, происходит изменение пиков, соответствующих ионам SO_4^{2-} , что обуславливает формирование силикатных групп (SiO и Si), имеющих такой же диапазон волновых чисел. Таким образом, проведенный инфракрасный анализ подтверждает результаты физико-механических испытаний и доказывает связь роста прочностных характеристик с формированием новообразований на основе гидроалюмосиликатов кальция, связывающих кристаллы гипса.

ВЫВОДЫ

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы: введение в состав гипсового вяжущего комплексных добавок на основе портландцемента (5%) и кремнеземсодержащих техногенных продуктов (0,6% дегидратированной глины и 0,4% метакаолина) приводит к повышению прочностных характеристик на 13% и 26,8% соответственно. Полученные результаты связаны с формированием в структуре гипсового

камня аморфных новообразований на основе гидроалюмосиликатов кальция, связывающих между собой кристаллы гипса, уплотняя структуру композита и обеспечивая рост прочностных показателей и показателей водостойкости. Кроме того, применение техногенных продуктов производств позволяет решить часть проблем энерго- и ресурсосбережения и экологичности, являющихся актуальными на сегодняшний день. Полученное вяжущее возможно использовать при изготовлении перегородочных плит и панелей, применяемых в помещениях с нормальной влажностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гордина А.Ф., Яковлев Г.И., Рузина Н.С., Дрохитка Р.* [и др.]. Активация металлургической пыли для модификации свойств гипсовых композиций // *Строительные материалы*. 2019. № 10. С. 53-57.
2. *Багдасаров А.С., Нестеренко А.И.* Использование отходов промышленности для производства шлако-известково-гипсового вяжущего // *Инженерный вестник Дона*. 2020. № 3(63). С. 35-44.
3. *Клименко В.Г., Павленко В.И., Гасанов С.К.* Отходы стеклобоя – как важный компонент композиционных материалов на основе гипсовых вяжущих // *Вестник Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова*. 2014. № 6. С. 33-38.
4. *Рузина Н.С., Яковлев Г.И., Гордина А.Ф., Первушин Г.Н.* [и др.]. Модификация вяжущих на основе сульфата кальция комплексными добавками // *Строительные материалы*. 2020. № 7. С. 18-22.
5. *Yakovlev G., Gordina A., Khritankov V., Khozin V.* [и др.]. Gypsum composition with siltstone-based mineral modifier // *13th International Conference Modern Building Materials, Structures and Techniques*. 16-17 May 2019. С. 217-223.
6. *Fernandez R., Martirena F., Scrivener K.L.* The origin of the pozzolanic activity of calcined clay minerals: A comparison between kaolinite, illite and montmorillonite // *Cement and Concrete Research*. 2011. № 41. С. 113-122.
7. *Неганова У.А., Зарипова Р.И., Баженова И.С., Гордина А.Ф.* Исследование влияния керамической пыли на свойства гипсового вяжущего // *Материалы XXVI Всероссийской научно-практической конференции «Научно-исследовательские решения современной России в условиях кризиса*. 28 декабря 2020. С. 373-378.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Н.В. Корнилова, Н.В. Лазарева

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Мытищинский филиал

Аннотация

Быстрый рост транспортной активности населения напрямую влияет на состояние дорожного покрытия, что приводит к увеличению трафика на дорогах и оказывает влияние на состояние полотна. В связи с этим появляется необходимость изучения и внедрения новых технологий и материалов в дорожное строительство. Развитие различных пластификаторов, вводимых в материал полотна, способствует: повышению долговечности, прочности и упругости, а также уменьшению деформаций (появление трещин, выбоин, колеи), тем самым, продлевая срок службы; снижению материальных затрат на ремонт; улучшению экологической обстановке в стране.

В статье рассматриваются отечественные и зарубежные технологии работ по устройству асфальтобетонного покрытия с применением модифицированного битума, с добавлением стальных волокон, углеродных нанотрубок, строительство дорог из пластика и на основе вторичных материалов. Результатом исследований является обозначение экономической выгоды.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе эксплуатации дорожного полотна неизбежно появление дефектов в виде трещин, выбоин, ям и колеи. На сегодняшний день приоритетом является внедрение новых технологий и совершенствование существующих.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Добавлять стальные волокна предложили в Технологическом университете Делфта. Исследования показывают, что применение данной технологии гарантирует минимальный износ дорожного покрытия и, после появления дефектов, асфальт нуждается лишь в небольшом ремонте. С помощью электроиндукционной машины частицы нагреваются, передавая тепло связующему компоненту, он становится более текучим и заполняет трещины, образовавшиеся в дорожном полотне. Этот вариант асфальта будет стоить дороже примерно на 25%, но в дальнейшем данная технология позволит тратить на ремонт полотна меньше средств, так как стоимость аренды индукционной машины невелика и восстановлению подлежит только поврежденная часть дороги.

Еще один вариант самовосстанавливающего асфальта предложен российскими учеными. Его суть заключается в том, что углеродные нанотрубки (УН), для повышения прочности и упругости и снижения времени и средств на ремонт дорог, добавляют в жидкий битум. Введение углеродных нанотрубок обеспечивает прочное сцепление битума с поверхностью зерен кварцевого песка, тем самым повышая прочность и долговечность асфальтобетона. Результатом применения данной технологии также является повышение водостойкости, расширение температурного диапазона укладки.

Помимо добавления в битум частиц, наделяющих дорожное покрытие свойством «самовосстановления», применяют технологии с модификацией битума полимерами. Применение данного метода позволяет увеличить эластичность, что означает способность выдерживать большие нагрузки, противостоять образованию трещин и способствует длительному служению.

Из всего многообразия полимерных соединений, предлагаемых нефтехимическими предприятиями, можно выделить 3 группы:

-термопласты (обладают свойством размягчаться при нагреве и застывать при охлаждении; наблюдается повышение вязкости и жесткости битумов в диапазоне температур от -30°C до 60°C ; эластичность материала остается неизменной; к хранению битум неустойчив, поэтому его приготовление происходит на асфальтобетонном заводе непосредственно перед использованием; самыми популярными являются: полиэтилен, полипропилен, полистирол, различные виды каучука);

-эластомеры (повышается вязкость и эластичность битума в диапазоне температур от низких до 200°C ; получаемый материал неустойчив в хранении и требует постоянного перемешивания; чаще используются натуральный или регенерированный каучук и полибутадиены);

-термоэластичные полимеры (деформируются в размягченном состоянии, достигнутом при температурах выше обычных рабочих; применяются искусственный каучук и стирол-бутадиен-стирол; СБС придает битумам гибкость при низких температурах).

Еще одной интересной технологией является строительство автодорог на основе вторичных материалов. Так как слои основания в конструкции дорожной одежды имеют наибольшую толщину, то их сооружение напрямую связано с большим расходом строительных материалов. Использование вторичных материалов может способствовать увеличению экологичности производства продукции и снижению его материалоемкости.

Большое количество шлаков и зол вырабатывается на предприятиях черной металлургии. Такие отходы промышленности можно использовать в качестве исходного продукта для получения строительного материала или непосредственно сам материал.

Золы и золошлаковые смеси используют при устройстве земляного полотна в роли заполнителя и минерального порошка в асфальтобетонах, так же возможно применение в качестве самостоятельного вяжущего и активной добавки к различным вяжущим. Так же используются сталеплавильные шлаки крупностью до 40 мм. Основные характеристики при использовании шлакового заполнителя в асфальтобетонном покрытии: устойчивость к истиранию, отсутствие сдвиговых деформаций, высокая средней плотностью (выше чем у природных материалов на 15-25%), высокая прочность.

Так как дорожное полотно является одним из самых затратных и часто заменяемых ресурсов, ученые из Нидерландов для удобства и практичности предлагают частично или полностью заменить асфальтобетон на пластик, который имеет большой ресурс прочности, возможность добычи из отходов человечества и дальнейшей его переработки в конечный продукт.

Дорожное покрытие из пластика обладает рядом преимуществ таких как: высокая водостойкость, повышенная стойкость к деформациям, срок жизни дорог на 20% выше, чем у полотна полностью на битумном вяжущем, снижение затрат на содержание дорог и утилизацию мусора. Но отсутствие нормативной базы для внедрения покрытия из пластика является основным недостатком. Так же можно выделить скольжение при попадании воды

на дорогу, что при добавлении дополнительных компонентов в виде гравия или бетона устраняется.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основе выше приведённых, различных вариантов инноваций, можно сделать вывод о том, что, используя высококачественные материалы, их модификации, полную или частичную им замену, современные технические средства, применяя новые технологии дорожного строительства, мы сможем достигнуть высоких эксплуатационных показателей дорог, получить экономическую выгоду, улучшить экологическую ситуацию, в итоге повысив качество дорожных покрытий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Соколов П.Э., Рыбушкин М.С.* Технологии самовосстанавливающихся асфальтовых покрытий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-samovosstanavlivayuschih-sya-asfaltovyh-pokrytiy/viewer> (18.02.2021).
2. ГОСТ 9128-84. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия (с Изменениями N 1.2).
3. *Данюшина Г.А., Стрельников В.В.* Композиционный антифракционный полимерный материал. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompozitsionnyu-antifriktsionnyu-polimernyu-material/viewer> (25.02.2021).
4. *Запорожкова И.В.* Углеродные наноматериалы для дорожного строительства. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/uglerodnye-nanomaterialy-dlya-dorozhnogo-stroitelstva/viewer> (19.02.2021).
5. *Котенко Н.П.* Влияние полимерных и функциональных добавок на свойства битума и асфальтобетона. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-polimernyh-i-funktsionalnyh-dobavok-na-svoystva-bituma-i-asfaltobetona/viewer> (24.02.2021).
6. *Корнейчук Н.С.* Полимерно-битумное на основе вторичного полипропилена для производства асфальтобетонных смесей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/polimerno-bitumnoe-vyazhushee-na-osnove-vtorichnogo-polipropilena-dlya-proizvodstva-asfaltobetonnih-smesey/viewer>. (25.02.2021)
7. *Медведев В.С., Токарев А.С., Панин П.А., Медведева М.Г.* Дорожное покрытие из пластика. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/dorozhnoe-pokrytie-iz-plastika/viewer> (01.03.2021).
8. *Николаева Г.О., Софронов И.Г.* Строительство автомобильных дорог на основе вторичных материалов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nauka-online.com/publications/tehnicheskie-nauki/2018/5/stroitelstvo-avtomobilnyh-dorog-na-osnove-vtorichnyh-materialov/> (15.02.2021).

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ ЭКСТРУЗИОННОГО ВСПЕНЕННОГО ПОЛИСТИРОЛА ТРЕБОВАНИЯМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

П.А. Левина, Л.Н. Лисиенкова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Предмет исследования: процесс подтверждения соответствия экструзионного вспененного полистирола требованиям экологических стандартов.

Цели: научно-информационный поиск и анализ международного опыта; выявление точек контроля технологического процесса производства плит на основе XPS в Российской Федерации; выявление практических решений для подтверждения соответствия производства теплоизоляционных материалов на основе экструзионного вспененного полистирола требованиям экологических («зеленых») стандартов.

Материалы и методы: в настоящем исследовании применялись методы анализа, моделирования, в том числе BIM-проектирование, инновационное (экспериментальное) внедрение триангуляционных датчиков контроля на этапах технологического процесса производства.

Результаты: выявление точек контроля, способов решения экологических проблем при производстве экструзионного вспененного пенополистирола; разработка схемы процесса производства плит из XPS по требованиям экологических стандартов.

Выводы: данные настоящего исследования могут быть практически использованы в органах по сертификации и испытательных лабораториях, а также в службах контроля качества производства изделий из XPS.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время основной проблемой предприятий является негативное воздействие на окружающую среду факторов производственной деятельности. Указанные факторы принимают глобальные масштабы по уровню воздействия и оказываются наиболее востребованными к решению задачами.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В Российской Федерации проблемами экологического строительства и производства строительных материалов на государственном уровне озаботились в 2009 году, внося изменения в нормативную базу. В том же году было создано Некоммерческое Партнерство содействия созданию и внедрению норм и правил экологического строительства «Совет по экологическому строительству» [1]. Внедрение экологически чистых и ресурсоэффективных процессов на каждом этапе производства – важнейшие показатели экологических стандартов, так называемых «зеленых» стандартов.

Теплоизоляционные материалы являются наиважнейшими строительными материалами, влияющими на энергоэффективность зданий и сооружений. Как указано в статье [2], «Мировой рынок изоляционных материалов из экструзионного вспененного

полистирола оценивался в \$5,2 млрд. в 2019 году и, по прогнозам, достигнет \$7,9 млрд. к 2027 году, увеличившись в среднем на 5,6% с 2020 по 2027 год».

Так же, учитывая мировые тенденции к использованию информационных технологий моделирования на этапах проектирования, в производстве современных строительных материалов реализуется программа BIM. «В настоящее время BIM имеет решающее значение для преодоления разрыва между цифровизацией и строительным полем. Цифровые инструменты управления информацией, предлагаемые BIM, позволяют оптимизировать и лучше контролировать конструктивные процессы, начиная со стадии проектирования и заканчивая управлением жизненным циклом здания и его техническим обслуживанием» [3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Производство плит из экструдированного пенополистирола (XPS) – это сложный технологический процесс. На качество итогового продукта оказывает влияние множество факторов. Только четкое соответствие технологии реального процесса производства нормативному, качественное сырье, современное оборудование, грамотный и квалифицированный персонал, а также непрерывный мониторинг качества на всех этапах жизненного цикла продукции позволяет получить теплоизоляционный материал, соответствующий требованиям стандартов и конкурентноспособный на рынке строительных утеплителей. Модель технологического процесса производства теплоизоляционных плит на основе экструдированного пенополистирола представлена на рисунке 1.

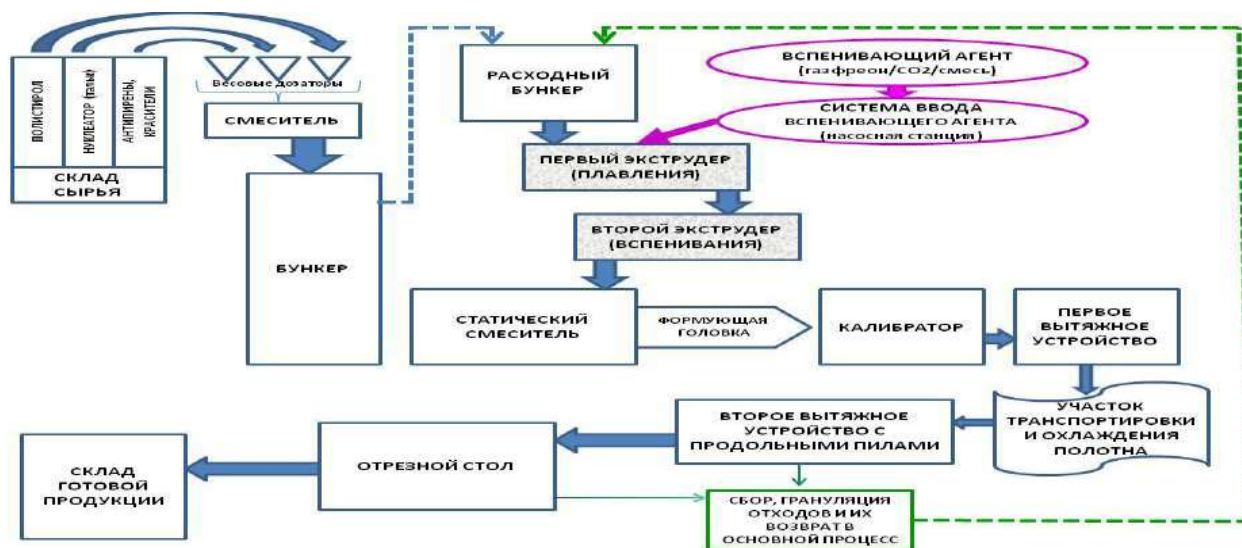


Рис. 1. Модель технологического процесса производства теплоизоляционных плит на основе экструдированного пенополистирола

Основными задачами реализации требований «зеленых» стандартов при производстве экструзионного вспененного полистирола являются:

- безопасность технологии производства для окружающей среды, жизни и здоровья человека (контроль выбросов вредных загрязняющих веществ, пожарная безопасность);
- ресурсосбережение на всех этапах производственного процесса, это и расход сырья, поддержание оптимального температурного режима при экструзии полимера и пр.;
- энергетическая эффективность (потребление электроэнергии, водных ресурсов и т.п.);

- обращение с отходами (определение мест хранения всех видов отходов в соответствии с требованиями безопасности, максимальный возврат сырьевых отходов обратно в производственно-технологический процесс, своевременная утилизация).

Для подтверждения соответствия продукции требованиям «зеленых» стандартов необходимо сократить объемы потребления ресурсов, обеспечить управление отходами для максимального возврата их в производство и сокращения за счет внедрения инновационных технологий, а именно:

1. Выявления точек контроля и установки высокотехнологичного оборудования с триангуляционными датчиками контроля для осуществления общего экологического управления производством.

2. Использования BIM-проектирования производителями теплоизоляционных материалов на основе XPS для повышения эффективности производства, конкурентных преимуществ и расширения географии реализации продукции.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Автором настоящей статьи были выявлены основные точки контроля процесса производства плит из XPS для подтверждения экологическим требованиям, схема которого представлена на рисунке 2.

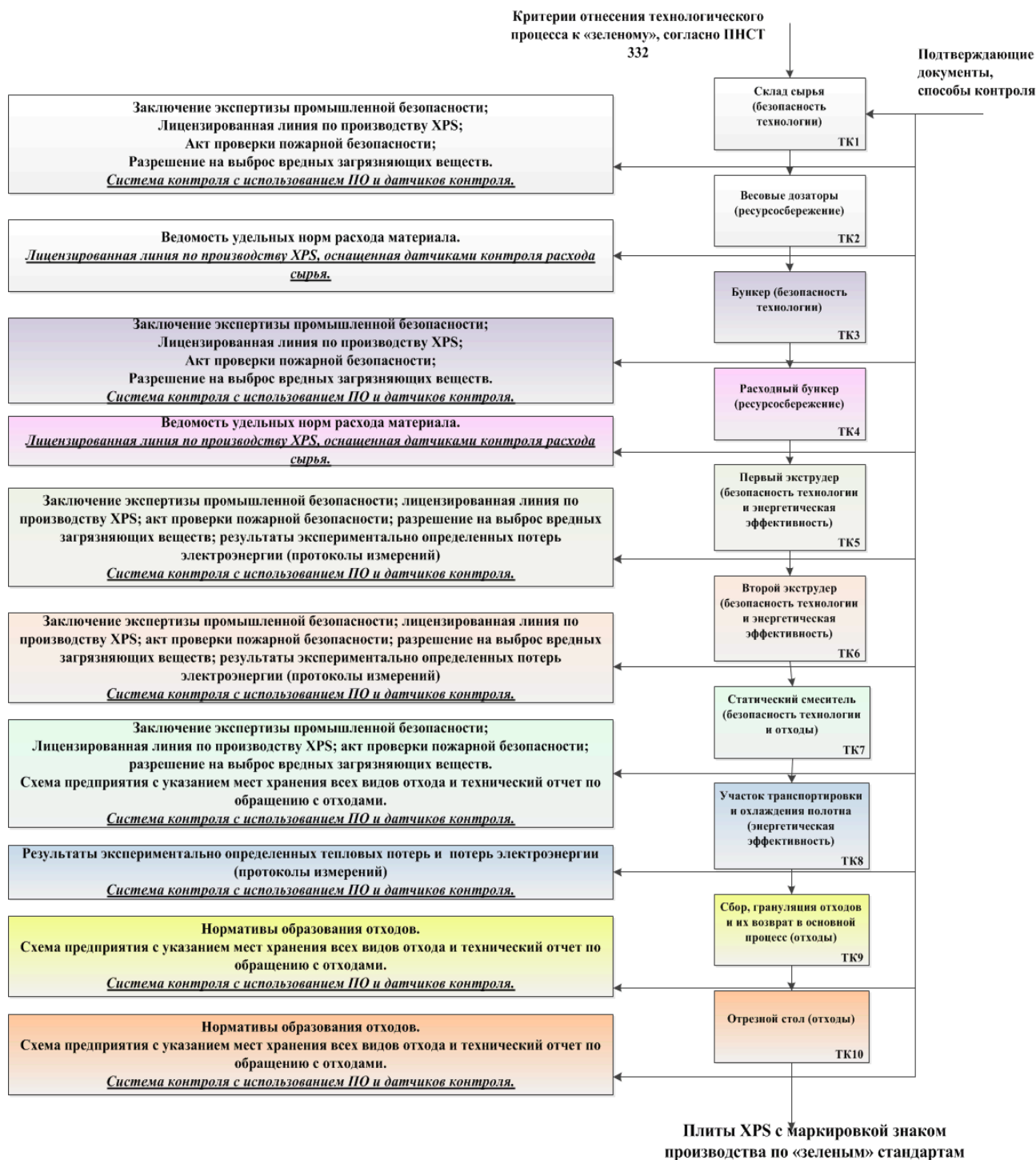


Рис. 2. Схема процесса анализа производства плит из XPS по требованиям экологических стандартов

Для подтверждения соответствия производства требованиям экологических ("зеленых") стандартов, автор настоящей статьи предлагает следующие способы решения:

1. Для максимально эффективной координации процессов использования строительной продукции (плит из экструзионного вспененного полистирола) при создании

электронного макета строительных объектов проектными организациями, а также для предотвращения ошибок в процессе проектирования, использовать инновационную технологию Building Information Modeling (BIM –проектирование).

2. Оснащение производства современным высокотехнологичным оборудованием с использованием триангуляционных датчиков контроля.
3. Повышение квалификации и грамотности персонала, способного четко отслеживать процесс прохождения экструзии и своевременно вносить корректировки в его совершенствование. Либо создание единого центра управления работой линии по производству с поддержкой заданных параметров, при необходимости корректирующего режим работы оборудования, подачу сырья, вспенивателей и т.п.
4. Разработка стандартов и единой информационной базы по экологическим технологиям производства строительных теплоизоляционных материалов из экструзионного вспененного полистирола.

ВЫВОДЫ

Состояние экологии в мире – проблема глобального масштаба. Особое внимание данной проблеме уделяется как на федеральном уровне в Российской Федерации, так и во всем мире. Требования к экологическим стандартам и улучшение, в соответствии с ними, производства промышленности строительных материалов является социальной, а зачастую, при выходе на мировой рынок, и экономической ответственностью бизнеса. Для решения данной проблемы реализуется внедрение инновационных технологий, методик, нормативно-технической документации и законодательных актов, действующих на территории Российской Федерации.

Автором статьи в результате исследования были выявлены точки контроля технологического процесса производства теплоизоляционных плит на основе XPS в РФ для подтверждения соответствия требованиям экологических стандартов, экологической чистоте продукции, ее малому воздействию на окружающую среду для получения права на маркировку плит из XPS экологической этикеткой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Устав Совета по экологическому строительству, размещенный на <https://gbcru.org/documents/.pdf>. Дата обращения на сайт: 20.02.21.
2. Chaudharyand A., Prasad E. Extruded Polystyrene (XPS) Insulation Material Market by Application (Residential Construction and Non-Residential Construction): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2020–2027 / Anil Chaudharyand, Eswara Prasad // AMR In News – Apr. 2020 - Pages: 196
3. Spiridigliozzi, G.; Pompei, L.; Cornaro, C.; De Santoli, L.; Bisegna, F. BIM-BEM support tools for early stages of zero-energybuilding design. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 609 (2019) 072075.
4. Тухарели, В. Д. Экологическое строительство как инновационный подход в строительной индустрии / В. Д. Тухарели, А. В. Тухарели, Ю. В. Ли // Инженерный вестник Дона, 2018. — № 4.
5. Степанов В.А., Моос Е.Н., Шадрин М.В., Савин В.Н., Умняшкин А.В., Умняшкин А.В., Умняшкин Н.В. Триангуляционный датчик для измерения перемещений и высокоточного контроля параметров изделия на производстве // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. 2020. Т. 13. № 1. С. 54–65.
6. Мамонтов А.А., Ярцев В.П. Физико-технические основы работоспособности экструзионного пенополистирола «ПЕНОПЛЭКС» / Тамбовский государственный технический университет // Журнал Известия высших учебных заведений. 2017.

ПРИМЕНЕНИЕ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО В КАЧЕСТВЕ ЭФФЕКТИВНОГО МОДИФИЦИРОВАННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.А. Мельниченко, Н.А. Гальцева

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Производство строительных материалов наносит большой вред окружающей среде, так как используется огромное количество природных ресурсов, выбрасывается масса отходов, загрязняющих воду, почву, воздух, а также образование свалок сокращает количество плодородных земель. Производство строительных материалов с использованием отходов растительного сырья – современное направление промышленности.

Предмет исследования: исследование направлено на создание нового, дешевого экологически чистого материала с высокими техническими характеристиками, производство которого обеспечит экономию природных ресурсов и сокращение количества вредных воздействий.

Цель исследований: получить высокоэффективный растительный наполнитель на основе борщевика Сосновского и использовать его в производстве строительных материалов.

Материалы и методы: исследуемое сырье – стебли борщевика Сосновского, обработанные при модификации антипиреном полиаммоний фосфат и гидрофобизатором «Аквасил», интеркалированный графит, гипс Белгородского происхождения Гб. Свойства необработанного наполнителя и обработанного были исследованы с помощью таких методов, как: метод объемного водопоглощения, метод огневой трубы, метод кислородного индекса, метод краевого угла смачивания.

Результаты: в ходе проведенного исследования был получен арболит, с низкими показателями горючести и водопоглощения, который является абсолютно экологически чистым материалом. Безопасность применения материала для жизни человека связана с составом арболита: модифицированный растительный наполнители и гипс.

Выводы: была доказана эффективность применения борщевика Сосновского в качестве растительного наполнителя для производства строительных материалов. А экологические проблемы, связанные с распространением этого растения, еще раз доказываются актуальность применения его в строительстве.

ВВЕДЕНИЕ

Экология страны с каждым годом ухудшается все сильнее и сильнее, но потребности человека растут. Так для обеспечения комфортных условий проживания затрачивается много природных ресурсов на производство материалов, которые в процессе будут использованы для строительства. Кроме того, все промышленные предприятия наносят непоправимый вред окружающей среде, загрязняя воду промышленными отходами, выбрасывая углекислый газ в атмосферу, устраивая свалки и тем самым уменьшая число плодородных почв. Поэтому перспективным направлением является создание малоотходных и безотходных технологий, а

также получение новых эффективных материалов с применением отходов. Еще одной проблемой строительства являются большие затраты энергии и средств на технологию изготовления материалов и в последствии их высокая стоимость. Поэтому актуальным будет получение изделий, в состав которых входят отходы, так как это уменьшит себестоимость продукции и количество вредных воздействий.

В России последние 50 лет одной из глобальных проблем земледелия стало распространение многолетнего растения борщевик Сосновского, которое было засеяно еще в 40-е годы 20 века и медленно и постепенно заполнило собой колоссальные территории нашей страны. На данный момент ведутся различные меры по истреблению этого растения. В 2018 ввели закон об обязательном уничтожении растения с участков на территории Московской области. Но уничтожение растения является очень трудоемким процессом, так как его семена очень хорошо распространяются в пространстве и могут прорасти в земле после долгого отлеживания, выдерживая заморозки и паводки. Но у Борщевика Сосновского есть ряд отличных характеристик, которые могут быть применены в его использовании в составе строительных материалов. В данной статье будут рассмотрены свойства растения и возможность применения его в качестве наполнителя в арболитовых блоках и других строительных материалах.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Истребление распространения Борщевика Сосновского и получение из него новых материалов для различных отраслей являются довольно актуальными темами. Было проведено большое количество исследований по применению растения в таких областях, как медицина, строительство, сельское хозяйство. Известно получение биотоплива [1], картона [2], сахара [3], эфирных масел [4]. Идея применения Борщевика Сосновского в качестве строительного наполнителя была основана на публикации [5], в которой описывалось получение арболитовых блоков с применением Борщевика. Эта статья доказывает, что растение может быть использовано в строительном производстве. Но полученные арболитовые блоки не являются экологически чистыми, а также при воздействии пламени будут выделять токсичные вещества, поэтому были продолжены исследования по получению более эффективного изделия и результаты показаны в данной статье.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве наполнителя выбраны высушенные до постоянной массы и измельченные стебли борщевика Сосновского. Химический состав представлен в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав Борщевика Сосновского

Наименование	Количество, %
Сахар	17-31
Водорастворимые сахара	10,8-17,4
Клетчатка	15,7-20,1
Протеин	11,5-17,1

Безазотистые экстрактивные вещества	51,7-52,1
Жир	3,15-4,2

В качестве вяжущего использовался строительный гипс Г6 Белгородского происхождения ГОСТ 125-2018.

Повышение стойкости к горению и водостойкости наполнителя достигается применением антипирена и гидрофобизатора. Для сравнения полученных свойств огнестойкости и выявления наиболее эффективного количества антипирена в наполнителе применялись такие добавки, как: диаммоний, полиаммоний и моноаммоний фосфаты различной концентрации. В качестве гидрофобизатора использовался «Аквасил» (ТУ 2229-003-60543126-2014). Для повышения огнестойкости использовался интеркалированный графит (ГОСТ 17022-81).

Модификация растительного наполнителя осуществлялась выдерживанием измельченных стеблей борщевика Сосновского в концентрированном водном растворе.

В результате модификации растительного наполнителя водным раствором антипирена и гидрофобизатора уменьшается водопоглощение и горючесть материала.

Модификация наполнителя состоит из следующих этапов:

а) модификация образцов 150x10 из стебля растения растворами антипиренов различного происхождения и различной концентрации (диаммоний, полиаммоний, моноаммоний) и определение группы горючести по методу кислородного индекса. Заранее в воде растворили различные типы антипиренов и их количество, получили водные растворы различной концентрации. После чего погрузили высушенные до постоянной массы образцы в раствор, выдержали до полного насыщения. После чего высушили до полного насыщения в сушильной камере при температуре +50⁰С. Далее по методу кислородного индекса определили время самостоятельного горения и группу горючести. В ходе данного этапа выявляется наиболее эффективный тип антипирена и его концентрация.

б) для выявления нужного количества гидрофобизатора в готовый раствор, состоящий из Борщевика Сосновского и гипса сначала следует определить, какое количество гидрофобизатора требуется только для гипса, так как борщевик имеет высокое водопоглощение из-за высокой пористости структуры, и при введении его в тесто может произойти так, что он заберет такое количество воды, которого не хватит для получения нормальной густоты теста. В следствие чего, готовый продукт не будет иметь высокие технические характеристики и проведенный опыт будет неудачным. Заранее в воду добавляли гидрофобизатор различного типа и концентрации, затем смешивали его с гипсом нужного количества для получения нормальной густоты теста. При достижении образцами 100% проектной прочности провели испытания на объемное водопоглощение. В ходе данного этапа выявляется наиболее эффективный тип гидрофобизатора и его концентрация.

в) измельчение стеблей борщевика Сосновского с размерами от 2,5 до 0,01 мм. Определение водопоглощения измельченного растения объемным методом. В пробирку засыпалось определенное количество высушенного до постоянной массы образца, после чего заливалась вода до определенной отметки и через интервалы времени оценивался уровень уменьшения воды. В ходе данного этапа выявляется водопоглощение немодифицированного измельченного борщевика Сосновского. Эти данные помогают понять, каким количеством

гидрофобизатора нужно обработать растение, чтобы оно не впитывало в себя воду затворения.

г) дополнительным методом модификации наполнителя может служить его предварительное вакуумирование при разряжении от 0,133 до 0,266 бар в течение 1-2 минут, которое обеспечивает хорошее проникание интеркалированного графита в структуру Борщевика, тем самым обеспечивая повышение огнезащитных свойств материала при воздействии пламени. Так как графит при высоких температурах начнет вспучиваться изнутри, а также не проринкший внутрь графит тоже начнет вспучиваться и зерно растения просто не сможет сгореть. А если растительный наполнитель не горит, гипс не горюч, то и само изделие тоже.

д) после получения результатов о применении наиболее эффективного типа антипирена, его концентрации, концентрации гидрофобизатора, количестве интеркалированного графита, а также времени вакуумирования и степени разряжения происходила модификация наполнителя. Измельченный и высушенный до постоянной массы наполнитель обрабатывался в водном растворе антипирена нужной концентрации, высушивался до постоянной массы, подвергался вакуумированию при определенном разряжении и времени выдерживания. Вакуумированный Борщевик Сосновского опудривался интеркалированным графитом и после чего уже смешивался с гипсом и водой, насыщенной нужным количеством гидрофобизатора, для получения формовочной смеси.

Исследования по определению влияния модификации борщевика Сосновского водным раствором антипирена на горючесть материала осуществляли методом огневой трубы по ГОСТ 12.1.044-89. Для этого подготавливались образцы длиной 150x10мм. Предварительно высушивались до постоянной массы и помещались в водные растворы диаммоний, полиаммоний и моноаммоний фосфаты различной концентрации до полного насыщения. Количество антипирена определялось как разница массы концентрированного образца и исходной массы. Насыщение образцов контролировалось изменением массы через определенные промежутки времени. После получения 3-х одинаковых масс с погрешностью ± 1 г одного образца испытание на насыщение считалось завершенным. Насыщенные образцы подвергались сушке в сушильном шкафу при температуре $+50^{\circ}\text{C}$ до постоянной массы. Измеряли массу высушенных образцов после чего проводили испытание на горючесть. По потере массы образцов определяли группу горючести материала.

В качестве сравнения наибольшей эффективности воздействия антипиренов на горючесть Борщевика Сосновского были выбраны соли фосфорной кислоты: диаммоний, полиаммоний и моноаммоний фосфаты. Оценка горючести высушенных образцов определялась методом кислородного индекса. Была установлена зависимость изменения КИ от концентрации и типа антипирена. По данным результатам был сделан выбор в пользу применения в качестве наиболее эффективного антипирена полиаммонийфосфат, а также его концентрация.

Для получения результатов о правильности подбора требуемой концентрации, типа антипирена, гидрофобизатора и интеркалированного графита формовали образцы-кубы с размерами ребра 7 см при следующем расходе компонентов из расчета на 1м³ формовочной смеси: вяжущее – гипс – 280 кг/м³, наполнитель – измельченный Борщевик Сосновского – 520 кг/м³, вода – 120 кг/м³. Твердение образцов осуществлялось в нормальных условиях при температуре 200С и влажности воздуха 90% (ГОСТ 125-2018).

В качестве модификаторов использовались в 100 массовых частей воды: 15-20 массовых частей полиаммоний фосфата- антипирен, 1-1,5 массовых частей «Аквасил» (ТУ 6-

02-1-824-97) гидрофобизатор, интеркалированный графит (ГОСТ 17022-81) 1-1,5 массовых частей. Количественный состав компонентов в модифицированном наполнителе определялся методом дифференцированного взвешивания после окончательного удаления воды из наполнителя.

В табл. 2 приведены свойства модифицированного наполнителя в зависимости от количественного соотношения компонентов.

Таблица 2. Свойства модифицированного наполнителя на основе борщевика Сосновского

№п/п	Состав в масс. %					
	Наполнитель (модифицированный измельченный борщевик)	Гидрофобизатор «Аквасил»	Антипирен полиаммоний фосфат	Насыпная плотность $\rho_{нас}$, кг/м ³	Водопоглощение W в масс. %	Горючесть по потере массы, %
1	100	-	-	83	920	более 95
2	87,6	1,06	11,5	102	4,9	7,5
3	79,9	0,53	14,4	108	6,1	6,3
4	90,54	1,06	11,2	104	5,6	8,1
5	80,8	0,53	14,7	105	7,1	6,6

1 – состав контрольный (без добавок);

2-5 – состав с добавками;

2,4 – пропитка рабочим раствором гидрофобизатора «Аквасил» 1:10;

3,5 – пропитка рабочим раствором гидрофобизатора «Аквасил» 1:15.

В табл. 3 приведены свойства арболита в зависимости от количественного соотношения модификаторов наполнителя.

Таблица 3. Состав арболита с модифицированным наполнителем на основе борщевика Сосновского.

№п/п	Состав формовочной смеси кг/м ³			Свойства			
	Наполнитель (модифицированный измельченный борщевик)	Гипс	Вода	Плотность, кг/м ³	Прочность на сжатие Rсж, Мпа	Водопоглощение W в масс. %	Горючесть
1	520	280	120	680	1,85	35,5	Г2
2	520	280	120	650	2,15	60,5	НГ
3	520	280	120	690	2,20	70,5	НГ
4	520	280	120	705	2,05	6,3	НГ

5	520	280	120	684	1,95	11,3	НГ
---	-----	-----	-----	-----	------	------	----

- 1 – состав контрольный (без добавок) по составу №1 (табл. 1);
 2-5 – состав с добавками;
 2,4 – пропитка рабочим раствором гидрофобизатора «Аквасил» 1:10;
 3,5 – пропитка рабочим раствором гидрофобизатора «Аквасил» 1:15;
 2 – по составу №2 (табл. 1);
 3 – по составу №3 (табл. 1);

Степень горючести наполнителя определяли по потере массы, результаты испытаний представлены в табл. 2. Эффективность модификации наполнителя антипиреном определялась при сравнении потерь масс после горения модифицированного наполнителя с немодифицированным. Модификация наполнителя антипиреном уменьшила потерю массы наполнителя с 95% - до 6,6%.

Эффективность модификации наполнителя гидрофобизатором определялась сравнением показателей водопоглощения модифицированного наполнителя и немодифицированного. Модификация наполнителя гидрофобизатором уменьшила водопоглощение наполнителя с 920 мас.% до 7,1 мас.% (табл.2).

Введение модифицированного наполнителя в состав смеси показало снижение водопоглощения материала с 35,5 мас.% до 6,3 мас.%, а группу горючести арболитов с Г2 до НГ. Все образцы, в составе которых модифицированный наполнитель относятся к классу НГ. Образец с применением в составе немодифицированного наполнителя относятся к группе горючести Г2.

Применение в качестве вяжущего вещества гипса обусловлено повышенным содержанием сахаров в стеблях растения. Сахара не дают цементному вяжущему осуществлять процесс гидратации. Гипс является экологически чистым материалом и при производстве арболита с составом гипс-борщевик-вода-добавки получается материал с минимальным вредным воздействием на жизнь человека, а также с довольно низкой стоимостью.

ВЫВОДЫ

Проделанные исследования показали эффективность модификации растительного наполнителя гидрофобизатором, антипиреном, а также дополнительным процессом вакуумирования и опудривания интеркарированным графитом. Модифицированный наполнитель может быть использован в производстве строительных материалов. Данные изделия обладают хорошими техническими характеристиками, низкой стоимостью, могут улучшить экологию страны за счет снижения распространения вредного растения и безопасны для здоровья человека, а также не являются горючими и токсичными, не имеют высокого водопоглощения. Тенденция применения модифицированного растительного наполнителя на основе Борщевика Сосновского может быть развита и дальше.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Стребков Д.С., Доржиев С.С., Патеева И.Б., Базарова Е.Г.* Биоэтанол из борщевика как дикорастущего, так и культивируемого // Патент Ru 2458106. Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/245/2458106.html>. Дата обращения: 18.03.21.

2. *Мусихин П.В., Сигаев А.И.* Исследование физических свойств и химического состава борщевика Сосновского и получение из него волокнистого полуфабриката // *Фундаментальные исследования.* 2006. № 3. С. 65-67.
3. *Стребков Д.С., Доржиев С.С., Патеева И.Б., Базарова Е.Г.* Способ получения белого сахара из борщевика // Патент Ru 2458148. Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/245/2458148.html>. Дата обращения: 16.03.21.
4. *Ткаченко К.Г.* Эфирные масла плодов HERACLEUM PONTICUM (LIPSKY) SCHISCHK. И Н. SOSNOWSKYI MANDEN // *Научные ведомости Белгородского Государственного университета.* Серия: Естественные науки. 2010. №3. С. 23-27.
5. *Мусихин П.В. и др.,* Арболитовые блоки из борщевика Сосновского, Сборник материалов, Научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава Сыктывкарского лесного института по итогам научно-исследовательской работы в 2016 году, Сыктывкар, Сыктывкарский лесной институт, 20 - 28 февраля 2017 г. С. 356 - 358.

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ БЕТОНОВ ДЛЯ ГОРОДСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА, СОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦЫ TiO_2

И.О. Наумчик^{1,2}, А.А. Полозов,^{1,2} О.А. Ларсен²

¹ООО «СтройМонтаж»

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Предмет исследования: в данной работе приведены исследования свойств диоксида титана, используемого в качестве нанодобавки в состав тяжёлого бетона.

Цели: получение фотокаталитических свойств железобетонного изделия для городского строительства, исследование влияния наночастиц TiO_2 на характеристики бетонной смеси и бетона, расчёт состава фотокаталитического тяжёлого бетона, подбор оптимальной дозировки наночастиц TiO_2 .

Материалы и методы: потрландцемент, щебень из гравия, песок, суперпластификатор, вода водопроводная, диоксид титана. Испытания бетонной смеси по ГОСТ 10181-2014 и бетона по ГОСТ 10180-2012 и ГОСТ 13015-2012.

Результаты: повышение дозировки TiO_2 в составе бетона приводит к повышению подвижности, связности и плотности бетонной смеси, повышению плотности бетона, снижению его прочности, а также придаёт бетону декоративные свойства.

Выводы: полученный тяжёлый фотокаталитический бетон с дозировкой $TiO_2=3\%$ от расчётной плотности бетонной смеси является дешёвой альтернативой дорогостоящему декоративному бетону, а также оказывает положительное влияние на очищение атмосферы от оксидов азота. Целесообразно использовать в надземных железобетонных конструкциях с большой площадью поверхности для использования его фотокаталитических и декоративных свойств. Формование изделий следует осуществлять в заводских условиях с использованием необходимого оборудования.

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение воздуха, вызванное дорожным движением и выбросами промышленных предприятий, является одной из основных проблем в современных мегаполисах и городах. Несмотря на ужесточение требований к контролю выбросов и увеличение объёмов установки систем сокращения выбросов, загрязнение воздуха и в особенности загрязнение оксидами азота (NO , NO_2) от дизельных двигателей автомобилей остаётся серьёзной проблемой в ближайшем будущем. Оксид азота подавляет рост некоторых растений, играет большую роль в образовании фотохимического смога в городах, способствует загрязнению фасадов зданий, а также негативно влияет на лёгкие человека, вызывая респираторные заболевания. Безусловно, самые большие выбросы генерируются местным транспортом и газами промышленных отходов[1]. За последние годы в таких крупных городах, как Лос-Анджелес, Токио, Сидней концентрация двуокиси азота превышала $1\text{мг}/\text{м}^3$. В городах России также отмечено увеличение среднего уровня загрязнения атмосферы двуокисью азота на целых 60%.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

<https://laboratoria.by/stati/ox-azota> - электронный ресурс аккредитованной лаборатории по измерениям и исследованиям по химическим и физическим факторам, а также по охране окружающей среды.

Савинов Е.Н. Фотокаталитические методы очистки воды и воздуха – научный журнал Новосибирского государственного университета.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Фотокатализ – изменение скорости или возбуждение реакций окисления и восстановления под действием света в присутствии фотокатализаторов, поглощающих кванты света и участвующих в химических превращениях реагентов[2]. Фотокаталитические свойства материалов – результат существования в них валентной зоны проводимости[3].

Фотокаталитический бетон - бетон, в состав которого введён фотокатализатор при приготовлении бетонной смеси, пропиткой или нанесением покрытия[4].

Диоксид титана (TiO_2) в низкой концентрации применяется в качестве фотокатализатора. Он выделяется тем, что химически стабилен, безвреден и относительно дешевый.

Так как проблема загрязнения атмосферы оксидами азота наиболее актуальна для городской среды[1], в качестве теоретического изделия для расчёта состава тяжёлого фотокаталитического бетона была выбрана трёхслойная наружная стеновая несущая панель по ГОСТ 31310-2015. Данное железобетонное изделие имеет большую площадь поверхности и является частью надземной конструкции жилого здания, что даёт ему доступ к молекулам воды и квантам солнечного света. В работе применялись следующие виды материалов: -портландцемент ЦЕМ I 42,5Б (Ц), ООО «Холсим (Рус) СМ»; -щебень из гравия фракции 5-20 (Щ), ЗАО «Мансуровское карьероуправление»; -песок 1-го класса с $M_k=2,55$ (П), ЗАО «Мансуровское карьероуправление»; -суперпластификатор SikaPlastiment BV-3-M (СП), ООО «Зика»; -диоксид титана марки R-996 с рутильным типом кристаллической решётки, «LOMON»; -вода водопроводная.

Был произведён расчёт 4-х составов фотокаталитического тяжёлого бетона (Б) класса прочности на сжатие В15, марки по подвижности ПЗ по методике [5] с дозировкой TiO_2 0%, 1%, 2% и 4% от расчётной плотности бетонной смеси. В таблице 1 представлено количество компонентов в составах бетона.

Таблица 1. Составы бетона

№ сост.	Компоненты бетонной смеси					
	Ц	В	П	Щ	TiO_2	СП
Контрольный	240	190	930	1015	0	1,92
1	240	190	920	1000	24	1,92
2	240	190	910	995	48	1,92
3	240	190	890	985	96	1,92

Предварительно TiO_2 был смешан с крупным и мелким заполнителями в смесителе, затем был введён портландцемент, и после повторного перемешивания – вода и

пластифицирующая добавка. Далее были определены подвижность и плотность бетонной смеси (БС), и изготовлены контрольные образцы по ГОСТ 10181-2014. При определении подвижности БС наблюдалась прямая зависимость увеличения связности БС от увеличения количества TiO_2 . Образцы были помещены в камеру нормального твердения, где твердели по ГОСТ 10180-2012. По истечению 7-ми и 28-ми суток контрольные образцы бетона были испытаны на сжатие по ГОСТ 10180-2012. На следующем этапе исследования была произведена оценка качества их поверхности по ГОСТ 13015-2012.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты испытаний бетонной смеси и бетона представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты испытаний бетонной смеси и образцов бетона

№ сост.	Характеристики Б и БС				
	ОК	$P_{6c}, \text{кг/м}^3$	$P_6, \text{кг/м}^3$	$R_7, \text{МПа}$	$R_{28}, \text{МПа}$
Контрольный	11	2333	2289	16,1	22,1
1	11	2340	2293	15,9	21,3
2	14	2362	2315	14,1	20,1
3	15	2390	2344	13,4	19,3

Поверхность образцов из состава №1 относится к категории А4, а образцов составов №2 и №3 – к категории А3. Внешний вид образцов приведён на Рисунке 1.



Рис. 1. Контрольные образцы бетона составов №1, №2, №3

ВЫВОДЫ

На основании проведённого исследования можно сделать следующие выводы:

- TiO_2 способствует повышению связности и подвижности бетонной смеси;
- TiO_2 повышает плотность бетонной смеси и бетона;

- увеличение TiO_2 уменьшает прочность бетона пропорционально его количеству;
- с повышением дозировки TiO_2 выше 2% от расчётной плотности бетонной смеси качество поверхности не подвергается значительному улучшению, однако продолжает заметно изменяться цвет бетона;
- составы с TiO_2 требуют интенсивного перемешивания до состояния однородной массы для лучшего его распределения по объёму, а также высокочастотного вибрирования формы для избавления от излишек воздуха и получения высокого качества поверхности изделия;
- методом интерполяции было выяснено, что для одновременного получения качественной поверхности изделия и достижения проектной прочности бетона оптимальное количество TiO_2 – 3% от расчётной плотности бетонной смеси, также следует использовать карбоксилатный суперпластификатор с высоким водоредуцированием;
- применение фотокаталитического бетона не требует фасадной отделки, данные бетоны обладают свойством самоочистки, а также способствуют очистке воздуха в городской среде, что делает его конкурентоспособным по отношению к дорогостоящему декоративному бетону.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лабораторные измерения и охрана труда / “Аккредитованная лаборатория по измерениям и исследованиям” [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://laboratoria.by/stati/ox-azota>
2. *Murata Y, Obata H, Tawara H, Murata K.* NOx-cleaning Paving block. US Patent Office. Patent NO.5861205, 1999.
3. *Hüsken G, Hunger M, Brouwers HJH.* Experimental study of photocatalytic concrete products for air purification. Build Environ 2009.
4. *Савинов Е.Н.* Фотокаталитические методы очистки воды и воздуха // Соросовский образовательный журнал. 2000. Т. 6. № 11.
5. Федеральное автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве» // Методическое пособие Рекомендации по подбору составов бетонных смесей для тяжёлых и мелкозернистых бетонов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВОВ КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО НА СВОЙСТВА ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО БЕТОНА

А.А. Полозов, И.О. Наумчик, О.А. Ларсен

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Предмет исследования: в настоящее время сфера применения гидротехнических бетонов постоянно расширяется. Данный вид бетона характеризуется повышенными показателями по водонепроницаемости и морозостойкости, которые обеспечиваются грамотным подбором основных компонентов бетонной смеси, главным из которых является портландцемент. Производство данного материала, помимо своей дороговизны, характеризуется также негативным влиянием на окружающую среду, что создает задачу по поиску альтернативных материалов. В работе показана возможность эффективного применения композиционного вяжущего вещества на основе техногенных отходов промышленности в качестве исходного материала для гидротехнического бетона. Применение композиционного вяжущего позволяет значительно сэкономить количество используемого портландцемента без существенного снижения, а в большинстве случаев увеличения, основных показателей бетонной смеси и бетона.

Цели: изучить влияние различных составов композиционного вяжущего вещества на свойства гидротехнического бетона.

Материалы и методы: на основании рекомендаций нормативных документов разработаны составы гидротехнического бетона с частичной заменой портландцемента кислой золой-уноса и доменным гранулированным шлаком в различных соотношениях. В качестве заполнителей в смеси применялись песок с модулем крупности $M_k = 2,61$ и щебень из гравия фракции 5-10 мм. Испытания бетонной смеси и бетона проводились в соответствии с требованиями российских стандартов.

Результаты: применение композиционного вяжущего на основе золы-уноса и доменного гранулированного шлака способствует увеличению подвижности бетонной смеси, повышению плотности и прочности гидротехнического бетона на сжатие в возрасте 28-и суток.

Выводы: установлено, что введение 15% золы-уноса от массы портландцемента приводит к увеличению прочности гидротехнического бетона на 4,5% от контрольного состава в возрасте 28-и суток, 15% доменного шлака от массы портландцемента – к снижению на 3,9% от контрольного состава в возрасте 28-и суток. Совместное введение 15% золы-уноса и 15% доменного шлака от массы портландцемента позволило получить гидротехнический бетон с прочностью на сжатие в возрасте 28-и суток 35,1 МПа, что соответствует классу по прочности В25. Составы с применением композиционного вяжущего обладают более высокой подвижностью бетонной смеси и плотностью бетона. Кроме того, применение композиционного вяжущего позволило сэкономить от 42 до 84 кг портландцемента.

ВВЕДЕНИЕ

Гидротехнические бетоны – это бетоны, применяемые для возведения сооружений или их отдельных частей, постоянно или периодически пребывающих под воздействием влаги и обладающих свойствами, обеспечивающими нормальную службу бетонных конструкций в указанных условиях [1].

Статистика показывает, что суммарный объем использования гидротехнического бетона в строительстве неуклонно растет. Данный вид бетона активно используется для постройки и возведения основных, второстепенных, вспомогательных гидротехнических и дорожных сооружений или их частей, подвергающихся воздействию воды и других агрессивных сред [2-4]. Именно поэтому для гидротехнического бетона особенно важна водонепроницаемость, морозостойкость и стойкость к коррозии в агрессивных средах [5].

В зависимости от того, какое положение занимает сооружение по отношению к уровню действующей на него воды, гидротехнические бетоны подразделяются на бетоны подводных и подземных частей сооружений, бетоны частей сооружений, подвергающихся переменному воздействию воды и бетоны подводных частей сооружений, находящихся выше зоны переменного горизонта воды [1].

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Классический состав гидротехнического бетона предполагает применение портландцемента в качестве основного вяжущего вещества. Однако производство данного материала является ресурсозатратным процессом, существенно определяющим конечную стоимость готового продукта, а также серьезно влияющим на окружающую среду из-за значительного количества углекислого газа, выделяющегося в атмосферу при его производстве [6].

В связи с этим появляется необходимость рассмотрения вопроса о поиске альтернативного материала, позволяющего исключить или минимизировать вышеперечисленные факторы. Одним из решений данной задачи может служить частичная замена портландцемента различными тонкокомлотыми минеральными добавками, что образует композиционное вяжущее вещество [7]. Применение данного вяжущего будет способствовать улучшению реологических свойств цементного теста, повышению прочности и физико-механических свойств вяжущего и бетонов на его основе [8]. Также это будет активно способствовать сокращению объемов цементного производства, тем самым существенно снижая негативное влияние данного процесса на окружающую среду и себестоимость бетонов.

Использование композиционных вяжущих также позволит решить проблему утилизации промышленных отходов, так как в их создании применяются, в том числе, и техногенные отходы промышленности, характеризующиеся неоднородностью своего состава и разбросом свойств [9]. Для повышения качества данных материалов требуется увеличение их реакционной способности, производимое, в ряде случаев, путем активации различными способами [10]. В нашей стране среди таких отходов наибольшее распространение получили зола-унос и доменный гранулированный шлак.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовались сырьевые материалы, соответствующие требованиям действующих нормативных документов:

— портландцемент (ПЦ) ЦЕМ I 42,5 Б производства ООО «Холсим (Рус) СМ» (п. Ферзиково) с истинной плотностью 3,1 г/см³;

— зола-унос (З) Черепетской ГРЭС, химический состав которой приведен в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав золы-уноса Черепетской ГРЭС

№	Показатель	Содержание, масс. доля, %
1	Na ₂ O	1,54
2	MgO	1,79
3	Al ₂ O ₃	21,19
4	SiO ₂	57,19
5	K ₂ O	1,36
6	CaO	2,75
7	TiO ₂	0,90
8	V ₂ O ₅	0,026
9	Cr ₂ O ₃	0,013
10	MnO	0,26
11	Fe ₂ O ₃ общ.	11,35
12	P ₂ O ₅	< 0,30
13	S _{общ.}	0,20
14	CO ₂	< 0,10
15	П.П.П.	1,68

— доменный гранулированный шлак (ДШ) производства ООО «Мечел-Материалы» с химическим составом, приведенным в табл. 2.

Таблица 2. Химический состав доменного гранулированного шлака

№	Показатель, ед. изм.	Нормируемое значение	Фактическое значение
2	Содержание CaO, %	35,0 – 45,0	36,00
3	Содержание SiO ₂ , %	35,0 – 45,0	35,50
4	Содержание Al ₂ O ₃ , %	Не менее 8,0	12,0
5	Содержание MgO, %	Не более 15,0	12,20
6	Содержание FeO, %	Не более 1,0	0,53
7	Содержание Na ₂ O, %	Не более 1,0	0,41
8	Содержание K ₂ O, %	Не более 1,5	0,49
9	Содержание TiO ₂ , %	Не более 4,0	1,81
10	Содержание MnO, %	Не более 2,0	0,59
11	Содержание S, %	Не более 1,0	0,47
12	Модуль основности	0,95 – 1,10	1,01

— щебень из гравия фракции 5-20 мм ЗАО «Мансуровского карьероуправления» с истинной плотностью 2,64 г/см³ и средней насыпной плотностью 1440 кг/м³;

— песок с модулем крупности M_к = 2,61 ЗАО «Мансуровского карьероуправления», истинной плотностью 2,62 г/см³ и средней насыпной плотностью 1630 кг/м³;

— химическая добавка-пластификатор Sika Plastiment BV-3M производства ООО «Зика» с плотностью 1,163 г/см³ при температуре 20 °С.

Количество вводимых тонкомолотых минеральных добавок было принято с учетом рекомендаций европейского стандарта по бетонам EN 206-1:2013.

Состав гидротехнического бетона рассчитывался с учетом общепринятых требований по проектированию состава тяжелого бетона, а также рекомендаций инструкции по проектированию и подбору состава гидротехнического бетона [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Составы гидротехнического бетона с учетом введения тонкомолотых минеральных добавок приведены в табл. 3.

Таблица 3. Разработанные составы гидротехнического бетона

Компоненты, кг	Состав №1 (контрольный)	Состав №2 (15% З от массы ПЦ)	Состав №3 (15% ДШ от массы ПЦ)	Состав №4 (15% З + 15% ДШ от массы ПЦ)
Портландцемент	280	238	238	196
Зола-унос	—	42	—	42
Доменный шлак	—	—	42	42
Песок	963	963	963	963
Гравий	974	974	974	974
Химическая добавка	2,24	2,24	2,24	2,24
Вода	180	180	180	180

Показатели подвижности бетонной смеси и плотности бетона в возрасте 28-и суток приведены в табл. 4.

Таблица 4. Подвижность бетонной смеси и плотность гидротехнического бетона составов № 1-4

Свойства, ед. изм.	Состав № 1	Состав № 2	Состав № 3	Состав № 4
Осадка конуса, см	6	9	8	8
Плотность бетона, кг/м ³	2311	2348	2332	2324

Результаты испытаний на сжатие образцов-кубов гидротехнического бетона размерами 10,0 × 10,0 × 10,0 см приведены в табл. 5.

Таблица 5. Прочность на сжатие гидротехнического бетона составов № 1-4

Показатели прочности, МПа	Состав № 1	Состав № 2	Состав № 3	Состав № 4
3-и сутки	17,1	15,8	14,4	13,1
7-е сутки	27,2	25,7	24,3	23,2
28-е сутки	35,6	37,2	34,2	35,1

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований были сформулированы следующие выводы:

1. Из рассмотренных составов гидротехнического бетона наилучшие результаты по подвижности, плотности и прочности на сжатие в возрасте 28-и суток показал состав с добавлением 15% золы-уноса от массы портландцемента;

2. Введение 15% доменного шлака от массы портландцемента приводит к снижению прочности гидротехнического бетона на 3,9% от контрольного состава в возрасте 28-и суток;

3. Разработан состав гидротехнического бетона на основе композиционного вяжущего с добавлением 15% золы-уноса и 15% доменного шлака от массы портландцемента с прочностью на сжатие в возрасте 28-и суток 35,1 МПа, что соответствует классу по прочности В25 (схема Г, ГОСТ 18105-2018);

4. Применение композиционного вяжущего позволяет повысить удобоукладываемость бетонной смеси, что облегчает бетонирование конструкций гидротехнического назначения;

5. Введение в состав гидротехнического бетона доменного гранулированного шлака и кислой золы-уноса увеличивает подвижность бетонной смеси и плотность бетона;

6. Применение композиционного вяжущего позволило сэкономить от 42 до 84 кг портландцемента.

Дальнейшего продолжения требуют комплексные исследования, направленные на измерение морозостойкости и водонепроницаемости, определение долговечности данных составов, а также на изучение влияния композиционных вяжущих на тепловыделение гидротехнических бетонов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булаевский В.Ф. Подбор состава гидротехнического бетона. Методическая записка. - Ташкент: [б.и.], 1957. - 65 с.
2. Сайгашова Е.Е. Особенности бетонов для строительства гидротехнических сооружений // Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. - 2017. - № 20. - С. 41-43.
3. Popielski P., Zaczek-Peplinska J., Bartnik E. et al. Contemporary techniques of data acquisition for preparation of numerical models of hydrotechnical structures // Czasopismo Techniczne. -2015. - No. 2. - Pp. 114–128.
4. Аирабова М.А. Особенности формирования структуры и свойств гидротехнических бетонов на заполнителях из дробленого бетона // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. - 2017. - № 2 (66). - С. 157–160.
5. Lebedeva R., Skripkiūnas G., Vasiljeva L. The effects of seawater on the durability of hydrotechnical concrete structures in the port of Klaipeda // Engineering structures and technologies. - 2012. - No. 4. - Pp. 111–118.
6. Чомаева М.Н. Экология производства цемента // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. - 2019. - № 2-1. - С. 8-10.
7. Урханова Л.А., Лхасаранов С.А., Бардаханов С.П. Бетон повышенной прочности на композиционном вяжущем // Строительные материалы. - 2012. - № 3. - С. 23-25.
8. Петрова Т.М. Гидравлические вяжущие: учебное пособие. - СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2007. - 36 с.
9. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В. Наномодифицированные цементные бетоны. - М.: Изд-во АСВ, 2017. – 197 с.
10. Плотников В.В. Химия вяжущих материалов и бетонов. Справочник: Учебное пособие. - М.: Изд-во АСВ, 2015. - 400 с.
11. Москвин В.М., Либман А.Я. Инструкция по проектированию и подбору состава гидротехнического бетона. - М.: СТРОЙВОЕНМОРИЗДАТ, 1947. - 25 с.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Е.В. Потрясова, Е.А. Жучков, М.К. Ахматов, Н.Н. Фомина

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Аннотация

Предмет исследования: Изменения водопотребности и динамика набора прочности цементно-минеральных паст при различных дозировках карбонатной минеральной добавки техногенного происхождения.

Цели: Исследование возможностей и целесообразности использования твердого отхода содового производства в качестве карбонатной добавки в цементные композиции; первичная оценка влияния этой добавки на свойства цементных композиций и на динамику процесса твердения в ранние сроки.

Материалы и методы: Исследованы цементные и цементно-минеральные пасты с различной концентрацией карбонатной минеральной добавки (ТОС) (0; 10; 30; 50%) и пластифицирующей добавки на поликарбоксилатной основе «Кратасол ПК» производства ПАО «Пигмент» - (0; 0,5; 1,0; 1,5%) по массе вяжущего. Определялась водопотребность по нормальной густоте по ГОСТ 31108; прочность при сжатии затвердевших цементных паст в ранние сроки твердения (1; 2; 3; 7 сут).

Результаты: Получены зависимости водопотребности цементных и цементно – минеральных паст с различным процентным содержанием минеральной добавки при различной дозировке пластификатора. Разница в водопотребности паст контрольного состава (на бездобавочном портландцементе) по сравнению с таковой на вяжущем с концентрацией 50% минеральной добавки составляет 9,5% для непластифицированных составов; 5,3 - при максимальной дозировке пластификатора. Исследована динамика процесса твердения в первые 7 суток в зависимости от наличия минеральной добавки. Существенного влияния минеральной добавки ТОС на темпы набора прочности не выявлено.

Выводы: Введение исследуемой карбонатной добавки в состав цементных паст взамен части цемента повышает водопотребность по нормальной густоте, не оказывает существенного влияния на темпы набора прочности, улучшает эффективность действия пластификатора по сравнению с бездобавочными портландцементными. Оптимизация рецептур цементных композиций позволит изготавливать из них изделия и конструкции массового применения.

ВВЕДЕНИЕ

Общемировой тенденцией совершенствования технологий портландцемента и цементных бетонов является увеличение количества минеральных добавок относительно клинкерной составляющей [1-4]. Производство цементов с минеральными добавками позволяет снизить удельные затраты топлива и снизить выбросы углекислого газа в атмосферу, по сравнению с производством бездобавочных цементов. Сложности, возникающие в связи с повышением водопотребности композиций, содержащих тонкодисперсные минеральные добавки, решают современные пластифицирующие химические добавки [3, 5]. Разнообразие минеральных добавок в цементные композиции

постоянно расширяется. Массово используются добавки зол-уноса, доменных шлаков, природных пуццолан. Многочисленными исследованиями показана высокая эффективность минеральной добавки микрокремнезема [3, 4], ограниченное использование которого связано с относительно высокой стоимостью и не столь масштабными объемами образования этого техногенного продукта. Также все большее внимание уделяется карбонатным добавкам, которые ранее считались инертными, но сейчас показаны возможности их химического взаимодействия с клинкерными компонентами и обсуждается их вклад в процесс твердения портландцемента.

Перспективным источником карбонатных минеральных добавок в цементы является содовая промышленность. В большинстве случаев производство соды осуществляется по методу Сольве, и на каждую тонну соды образуется до 10 тонн побочного продукта - дистиллерной жидкости, включающей в себя около 2,5-3 тонн твёрдого отхода (ТОС) [6]. По химическому составу ТОС более чем на половину состоит из карбоната кальция [7-10], легко измельчается в тонкодисперсное состояние. В то же время высокая влажность (порядка 30%), содержание в составе остаточных хлоридов, неоднородность гранулометрического и химико-минералогического состава – все это осложняет процесс переработки ТОС. Необходимы исследования возможностей и целесообразности использования ТОС в качестве карбонатной добавки в цементные композиции. **Целью** настоящей работы являлась первичная оценка влияния минеральной добавки ТОС на свойства цементных композиций и на динамику процесса твердения в ранние сроки.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В соответствии с ГОСТ 31108-2016 в состав портландцемента может входить до 35% тонкодисперсной минеральной добавки известняка. Под руководством проф. Хозина В.Г. разработаны карбонатные цементы низкой водопотребности [2], в которых за счет механо-химической модификации совместным помолом с суперпластификатором содержание карбонатной минеральной добавки доведено до 70% от массы вяжущего. В качестве карбонатной добавки рассматриваются карбонатные породы с высокой размолоспособностью (известняк, доломит), в первую очередь, высевки (фракция до 10 мм) – отходы дробильно-сортировочных заводов. Получены вяжущие с большей интенсивностью набора прочности и обеспечивающие более высокую плотность бетонных смесей, по сравнению с равноподвижными смесями на бездобавочном цементе. Доказано образование гидрокарбоалюминатов кальция в процессе гидратации цемента с карбонатной добавкой [2], за счет взаимодействия кальцита с алюминатными фазами цемента. Важно, что карбонатная минеральная добавка не реагирует с гидроксидом кальция и не снижает защитного действия образующегося цементного камня по отношению к стальной арматуре. В работе [2] исследования выполнены с использованием в пластифицирующей добавки С-3 (на основе сульфированных нафталин-формальдегидных поликондесатов), в интервале дозировок от 1 до 4% по массе вяжущего.

В работе [11] карбонатная минеральная добавка (измельчённый известняк) вводится в состав строительного раствора, в количестве до 11 % от массы портландцемента. Отмечается повышение водоудерживающей способности равноподвижных растворных смесей и незначительное увеличение прочности затвердевших растворов. При замене части цемента на гидратную известь закономерно возрастает водоудерживающая способность, резко снижаются прочностные показатели, причем в меньшей степени – для составов с

карбонатной добавкой, в большей степени – для составов на бездобавочных цементах. В работе [11] пластифицирующие добавки не применялись.

В работе [12] карбонатная мука (измельченный известняк) вводилась в состав бетонной смеси, взамен 7-10 % массы портландцемента. При фиксированном водоцементном соотношении прочность относительно контрольного состава без минеральной добавки снижается, подвижность увеличивается. В работе [12] исследования выполнены с использованием в пластифицирующей добавки на поликарбоксилатной основе, в интервале дозировок 1-2% по массе вяжущего.

В работе [13] в качестве карбонатной минеральной добавки исследован твердый отход содового производства, который вводился в состав цементной композиции совместно с другой техногенной минеральной добавкой – золой-уноса. Интересно, что суммарное процентное содержание этих минеральных добавок в несколько раз больше, чем вяжущего. Т.е., по сути, минеральные добавки выполняют роль заполнителей. Исследования [13] выполнены с использованием в пластифицирующей добавки на поликарбоксилатной основе. Также в состав введен гидрофобизатор, с целью снижения высолообразования на поверхности затвердевших бетонов, из-за присутствующих в ТОС хлорид-ионов.

Таким образом, анализ научно-исследовательской информации показывает, что карбонатные добавки, введенные в состав цементных композиций взамен клинкерной составляющей, способствуют увеличению подвижности, снижению водоотделения вязко-жидких композиций и приросту прочности затвердевших композитов, но только при условии эффективной пластификации. В качестве карбонатной минеральной добавки может рассматриваться ТОС, который помимо карбонатов содержит гидроксид кальция, способствующий седиментационной устойчивости и повышению водоудерживающей способности композиций. Поэтому экспериментальные исследования проводились с использованием ТОС и эффективного пластификатора.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследованы цементные и цементно-минеральные пасты различным содержанием карбонатной минеральной добавки (ТОС) (0; 10; 30; 50%).

Для приготовления паст использовался портландцемент ЦЕМ-П /А-И 42,5Н производства «Холсим (Рус)», г. Вольск в соответствии с ГОСТ 31108-2016.

В качестве дополнительной карбонатной минеральной добавки использовался ТОС, который большей частью состоит из карбоната кальция, включает сульфаты и гидроксиды кальция, оксиды кремния, железа, алюминия, соединения магния, а также до 8% хлористых солей [7-10]. ТОС высушивался до постоянной массы, а затем измельчался до полного прохождения через сито № 0,16 мм.

Пластификатор на поликарбоксилатной основе «Кратасол ПК» производства ПАО «Пигмент» вводился в состав композиции в соответствии с рекомендациями производителя, а именно, в дозировках (0; 0,5; 1,0; 1,5%) от суммарной массы минеральной части композиции.

Процесс приготовления паст, методика определения нормальной густоты – соответствует ГОСТ 30744-2001. Прочность при сжатии определялась на половинках образцов-балочек размерами 2x2x8 см, изготовленных из цементных паст и твердевших при температуре 20 °С под гидрозатвором. Количество образцов было достаточным для получения достоверного результата (не менее 6 на каждую экспериментальную точку).

Исследовано 16 составов: с различной концентрацией минеральной добавки (0; 10; 30; 50%) в составах паст; с различными дозировками пластифицирующей добавки (0; 0,5; 1,0; 1,5%).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследована водопотребность по нормальной густоте цементных паст. Полученные зависимости (рис. 1) отражают ожидаемый эффект от пластификатора, возрастающий с увеличением количества минеральной добавки в составе вяжущего. Так, разница в водопотребности непластифицированных композиций на чистом цементе по сравнению с таковой на вяжущем состава «50% цемента : 50% минеральной добавки» составляет 9,5%. При максимальной дозировке пластификатора эта разница уже существенно меньше - 5,3%.

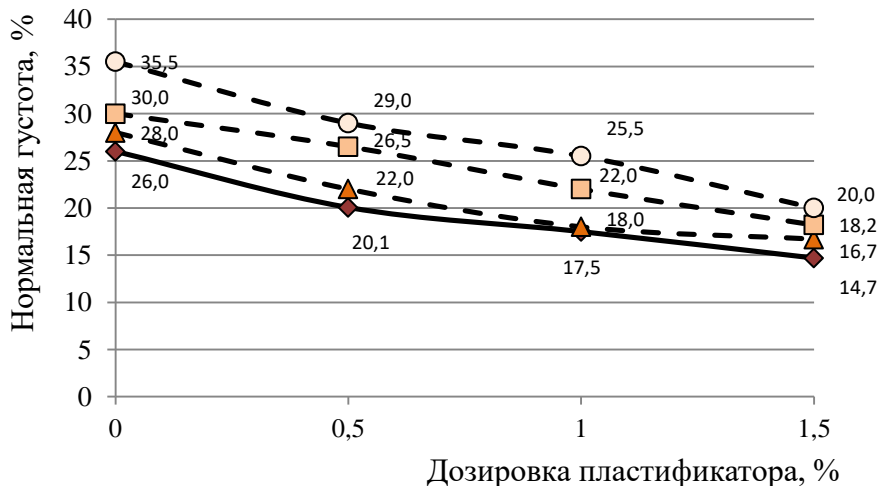


Рис. 1. Зависимость водопотребности по нормальной густоте от количества пластификатора.
○ - состав с 50% минеральной добавки по массе вяжущего; □ – то же, с 30%;
△ - то же, с 10%; ◇ - без минеральной добавки, чистый цемент

Так как ТОС содержит в составе достаточно большой процент хлористых солей [7-10], потенциально влияющих на динамику процесса твердения цементных композиций [3, 5, 13-14], представляло интерес оценить прочность исследуемых композиций на разных сроках твердения: 1, 2, 3, 7 суток. Экспериментальные образцы изготавливались из цементных паст без минеральной добавки, а также из композиций, содержащих максимальное количество (50%) минеральной добавки ТОС в составе вяжущего. Полученные результаты представлены на рис. 2. Существенного влияния минеральной добавки ТОС на темпы набора прочности не выявлено. Образцы, изготовленные из композиций с наибольшей дозировкой пластификатора, следовательно, с наименьшим водовязущим соотношением, демонстрируют существенно более высокую прочность, особенно в более поздние сроки твердения.

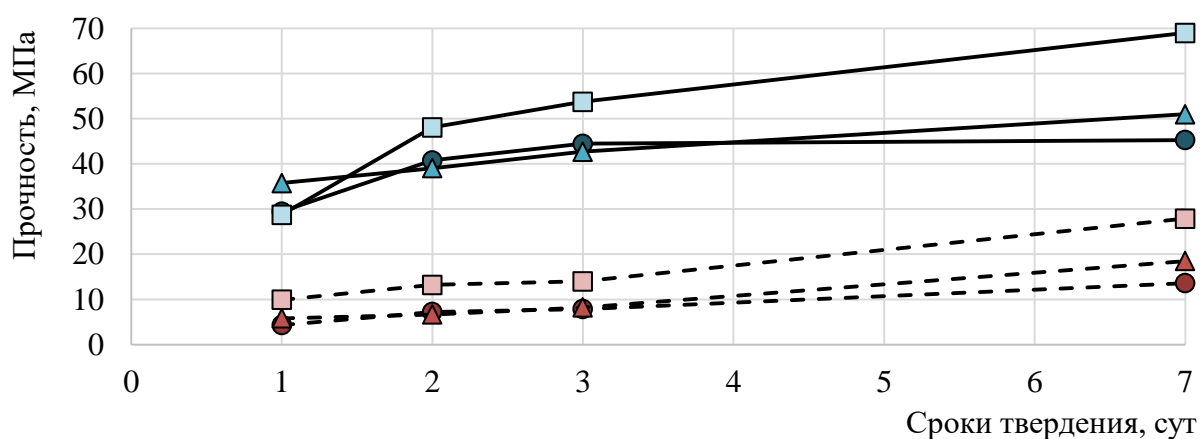


Рис. 2. Динамика набора прочности образцов.

Сплошной линией показана прочность образцов, изготовленных из цементных паст без минеральной добавки, пунктиром – из композиций на вяжущем с концентрацией 50% минеральной добавки;

○- без пластификатора; Δ - дозировка пластификатора 0,5%; □- то же, 1,5%.

Оптимизация рецептур цементных композиций с минеральной добавкой ТОС позволит разработать составы растворных и бетонных смесей рядовых марок и классов, которые возможно и целесообразно применять для строительных работ и изготовления изделий и конструкций массового применения.

ВЫВОДЫ

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы:

1. При введении карбонатной минеральной добавки ТОС в цементные композиции взамен части цемента водопотребность вяжущего по нормальной густоте возрастает. Водопотребность непластифицированной пасты контрольного состава (на бездобавочном портландцементе) составляет 26%, для непластифицированной пасты на вяжущем с концентрацией 50% минеральной добавки водопотребность составляет 30%. Для паст с максимальной дозировкой пластификатора – 14,8% (контрольный состав) и 20% (состав с концентрацией 50% минеральной добавки).
2. В цементных композициях, содержащих минеральную добавку ТОС, возрастает эффективность пластификатора, по сравнению с композициями на портландцементе без дополнительных минеральных добавок. Разница в водопотребности паст контрольного состава (на бездобавочном портландцементе) по сравнению с таковой на вяжущем с концентрацией 50% минеральной добавки составляет 9,5% для непластифицированных составов; 5,3 - при максимальной дозировке пластификатора.
3. Хлористые примеси, содержащиеся в минеральной добавке ТОС, не оказывают заметного влияния на темпы набора ранней прочности в условиях нормального твердения. Зависимости для контрольных составов (бездобавочного портландцемента с различной дозировкой пластифицирующей добавки) и для составов с концентрацией 50% минеральной добавки идут параллельно, значительного прироста ранней прочности не наблюдается.

ЛИТЕРАТУРА

1. ИТС 6-2015. Производство цемента. М.: Бюро НТД, 2015. 294 с.
2. Хозин В.Г. Карбонатные цементы низкой водопотребности – зеленая альтернатива цементной индустрии России / Хозин В.Г., Хохряков О.В., Сибгатуллин И.Р., Гиззатуллин А.Р., Харченко И.Я. // Строительные материалы. 2014. №5. С. 76-82.
3. Ушеров-Маршак А.В. Бетонovedение: Современные этюды / А.В. Ушеров-Маршак. Х.: Раритеты Украины, 2016. 135 с.
4. Тараканов О.В. Перспективы применения комплексных добавок в бетонах нового поколения / Тараканов О.В., Калашиников В.И. // Известия КГАСУ. 2017. № 1 (39). С. 223-229.
5. Тараканов О.В. Химические добавки в растворы и бетоны. Пенза: Изд-во ПГУАС, 2016. 155 с.
6. Курбангалиева Л.Р. Снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду путём переработки дистиллерной жидкости – отхода производства кальцинированной соды: Автореф. дисс. ... канд. тех. наук, Уфа, 2013. 16 с.
7. Патент №2647931 РФ. Способ переработки твёрдых отходов производства кальцинированной соды аммиачным методом / Загидуллин Р.Н., Ибрагимов Р.А., Мухаметов А.А., Загидуллин С.Н., Воронин А.В., Котова О.И.; Федеральное Казенное Предприятие "Авангард", Государственное автономное научное учреждение "Институт прикладных исследований" Академии наук Республики Башкортостан - №2015151158 заяв. 27.11.2015; опубл. 21.03.2018; Бюл. №9, 6 с.
8. Патент № 2267466 РФ. Сухая строительная смесь / Титов В.М., Воронин А.В., Шатов А.А., Гареев А.Т., Феоктистова Н.Н., Камалиев Р.Т., Захаров В.А., Краснов В.А.; ОАО «Сода» - №2004116901/03 заяв. 03.06.2004; опубл. 10.01.2006; Бюл. №1, 8 с.
9. Рязанов А.Н. Твёрдые отходы содового производства – важный резерв расширения сырьевой базы получения извести и низкоэнергоёмких безклинкерных вяжущих на её основе / Рязанов А.Н., Шагигалин Г.Ю., Недосеко И.В. // Строительные материалы. 2020. №4-5. С.14-17.
10. Сабитов К.Б. Перспективы использования твёрдых отходов производства кальцинированной соды АО «БСК» в качестве карбонатной составляющей сырья для производства цемента / Сабитов К.Б., Воронин А.В. // Вестник академии наук РБ. 2016. том 21, №3(83). С. 86-95.
11. Ильина Л.В. Цементные растворы с тонкодисперсными минеральными добавками / Ильина Л.В., Кудряков А.И., Туляганов А.К. // Известия Высших Учебных Заведений. Строительство. 2019. №12(732). С. 32-43.
12. Ассакунова Б.Т. Совместное воздействие карбонатной муки и пластифицирующих добавок на свойство бетона / Ассакунова Б.Т [и др.] // Вестник Кыргызского Государственного Университета Строительства, Транспорта и Архитектуры им. Н. Исанова. 2017. №3(57). С. 147-150.
13. Chenxi Liu. Preparation and Modification of Alkaline Bricks by Using Industrial Residues and Calcium Stearate / Chenxi Liu, Bo Liu, Xidong Chen, Jin Zhang, Wubiao Duan, Jianping Guo, Junping Han, Yanxian Zhang, Shuxuan Yu, Kunsheng Hub // Environmental Progress & Sustainable Energy. 2017.
14. Павлова И.Л. Зимнее бетонирование / Павлова И.Л., Кочергина М.П., Муракаев М.Р. // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2017. № 8. С. 272-274.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ФИБРОЦЕМЕНТА ДИСПЕРСНО АРМИРОВАННОГО ТЕКСТИЛЬНЫМ ШИННЫМ КОРДОМ

В.А. Швецова, Е.Р. Паценко, О.А. Ларсен

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Предмет исследования: С каждым годом увеличивается количество изношенных автомобильных покрышек. Распространенными методами утилизации шин являются захоронение и сжигание. Однако, такие методы переработки пагубно влияют на состояние окружающей среды. Строительное материаловедение позволяет использовать шинную крошку и кордовое волокно в бетонных изделиях, при этом повышая их эксплуатационные свойства. При производстве фиброцементных панелей в цементную матрицу в качестве армирующего компонента вводится микроцеллюлоза. Она повышает трещиностойкость и ударную вязкость готовых изделий. Подобное влияние на бетонные изделия оказывает текстильный шинный корд. В данной статье приводятся экспериментальные данные по прочности фиброцемента с использованием шинного корда.

Цели: исследовать прочность фиброцемента с использованием текстильного шинного корда.

Материалы и методы: для проведения эксперимента был использован текстильный шинный корд. У изготовленных образцов определялись средняя плотность по ГОСТ 12730.1-78 «Бетоны. Методы определения плотности», прочность при изгибе и сжатии по ГОСТ 310.4-81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии (с Изменениями N 1, 2)».

Результаты: При добавлении фибры в количестве 2 кг/м^3 плотность повышается на 3,8 %. При введении фибры в количестве 5 кг/м^3 прочность при изгибе повышается на 25%. Максимальный прирост в 11% по сравнению с контрольными образцами зафиксирован для образцов с 5 кг/м^3 , подвергшихся вибрированию.

Выводы: Введение фибры повышает плотность, прочность при изгибе и при сжатии фиброцементных образцов.

ВВЕДЕНИЕ

Переработка шин в резиновые грануляты позволяет сэкономить 58,4% CO_2 по сравнению с совместным сжиганием шин с истекшим сроком эксплуатации и может достичь 95% сокращения выбросов углекислого газа. Амортизированные автомобильные шины содержат в себе ценное сырье: каучук, металл, текстильный корд. Проблема переработки изношенных автомобильных машин и вышедших из эксплуатации резинотехнических изделий имеет большое экологическое и экономическое значение для всех развитых стран мира. В 2018 году Россия ввезла из Индии, Республики Корея и Нидерландов 230 тыс. тонн вторичного каучука. Такая ситуация подтолкнула к учреждению национального проекта «Экология», в рамках которого будет построено 25 шиноперерабатывающих заводов.

Существует несколько методов рециклинга автомобильных шин: химические (сжигание, пиролиз), физические (дробление, бародеструкционный метод, криогенный метод), восстановление и захоронение шин. Переработка автопокрышки в крошку (дробление, бародеструкционный метод, криогенный метод, с помощью озона) – получение

резиновой крошки в результате разделения автопокрышки на основные составляющие: резину, сталь, текстиль. Основное преимущество данного метода состоит в сохранении основных физических и химических свойств резины. При таком способе утилизации получают смесь полимерных волокон, резиновой крошки различных фракций и некоторого количества металлической фибры. В данной работе исследовалось влияние неочищенного фибры на прочность при изгибе и сжатии фиброцемента.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Фибробетон – это бетон, армированный дисперсными волокнами-фибрами [1, с. 339]. Эффективность работы волокон в фибробетонных конструкциях принято характеризовать модулем упругости, величина которого говорит об относительном удлинении волокна при разрыве. В связи с чем все волокна делят на 2 группы: низко модульные (синтетические) и высоко модульные (стальные, стеклянные и т.п.). При армировании низко модульными волокнами следует ожидать повышения трещиностойкости и ударной вязкости бетона, при армировании высоко модульными волокнами ожидаемым является увеличение прочностных характеристик [2, с. 24].

Среди синтетических волокон лучше всего себя зарекомендовали нейлоновые, полиэтиленовые, полипропиленовые. Большим преимуществом синтетических волокон является коррозионная устойчивость перед щелочной средой гидратирующихся цементов. Волокна, входящие в состав шинного корда, относятся к низко модульным.

Не новым является использование шинного корда в качестве армирующего компонента для цементной матрицы бетона. Ведется поиск области использования волокон шинного корда с максимальной эффективностью. А. Baričević и др. [3] предложен вариант использования шинного корда в торкрет-бетонах, Fabio P. Figueiredo и др. [4] используют его для армирования бетонных туннелей (предотвращение взрывного растрескивания бетона при пожаре).

В таблице 1 приведены данные, полученные исследователями из Китая М. Chen и др. [5]

Таблица 1. Характеристики фибры по данным М. Chen и др.

Волокно	Длина волокна, мм	Диаметр, мкм	Плотность, кг/м ³	Температура плавления, °С	Прочность на растяжение, МПа	Модуль Юнга, ГПа
Волокно из шинного корда	8.7±4.1	21.1±2.5	1160	≥ 210	475	3.21

Также в работе М. Chen и др. [6] приведены данные о химическом составе RTPF, предоставленной Jinghan Rubber and Plastic Products Co. Ltd в Шанхае. Основными компонентами являются 52% полиэтилентерефталата (PET), 39% полиамида 66 (РА 66) и 9% полибутилентерефталата (PBT). Автор подчеркивает, что были использованы в основном шины грузовых автомобилей.

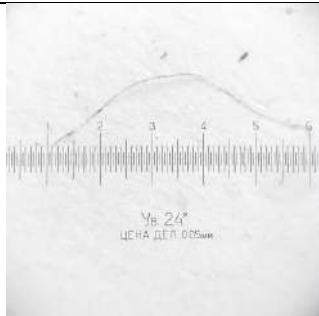

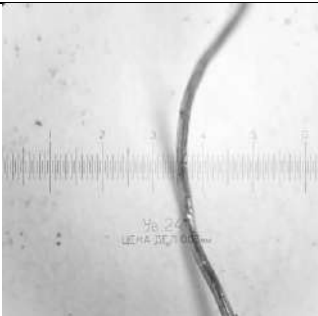
МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовалось влияние фибры на прочностные характеристики фиброцемента. Влияние оценивалось при введении 2, 5, 10, 40, 45 кг/м³ по сравнению с контрольными образцами без добавления фибры.

В качестве вяжущего использовался портландцемент ЦЕМ II/A-II 42.5Н от производителя ООО "Холсим (Рус) Строительные Материалы", $\rho_{ист}=2,9 \text{ г/см}^3$. В качестве микронаполнителя использовалась кварцевая мука Silverbond 20 со средним размером частиц 23 мкм, $\rho_{ист}=2,65 \text{ г/см}^3$. В качестве пластифицирующей и водоредуцирующей добавки использовался жидкий суперпластификатор на основе поликарбоксилатных эфиров Sika E-55.

В таблице 2 приведены геометрические параметры компонентов шинного корда, полученных с ООО «Дмитровский завод РТИ».

Таблица 2. Компоненты шинного корда

Наименование	Очищенное полимерное волокно	Полимерная фибра + резиновая крошка	Металлическая фибра
d, мм	0,05	$\geq 0,05$	0,2
l, мм	6,5	≥ 6	≥ 10
Изображение			

В таблице 3 приведен состав фиброцементной смеси.

Таблица 3. Состав фиброцементной смеси на 1 м^3

Компонент	Наименование	Содержание, кг/м ³
Вяжущее	Портландцемент Holcim ЦЕМ II/A-K (Ш-II) 42,5 Н	1389
Вода	-	417
Микронаполнитель	Кварцевая мука Silverbond 20	278
Пластификатор	Sika E-55	7,5 (0,5% от массы цемента)
Фибра	-	0; 2; 5; 10; 40; 45

Были изготовлены образцы-балочки 40x40x160 мм, по 3 образца в каждой серии. Формование производилось вручную с помощью штыковки. Образцы хранились 28 суток в камере нормального твердения. На 28 сут образцы были испытаны на прочность при изгибе и при сжатии в соответствии с ГОСТ 310.4-81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии (с Изменениями N 1, 2)».

На рисунке 1 представлен фрагмент полученного цементного камня, дисперсно армированного неочищенным шинным кордом. На резиновой крошке и полимерных волокнах наблюдаются продукты гидратации цемента. Однако, им не хватает длины для

прочного заанкеривания в цементной матрице. При нагружении образцов они выдергиваются из тела композита без разрыва.

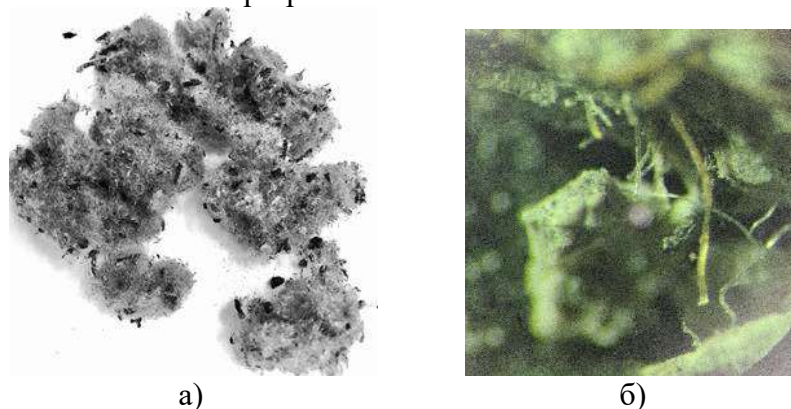


Рис. 1. Неочищенный текстильный шинный корд: а) исходный вид, б) в цементном камне

Фиброцементные панели могут изготавливаться несколькими способами. В данном случае благодаря добавлению пластификатора фиброцементная смесь имеет высокую подвижность и позволяет применять литьевую технологию, которая не требует механического воздействия на формируемые изделия. Однако, фибра очень плотно сцеплена между собой, что может привести к повышенному воздухоовлечению. Для определения влияния вибрирования на прочность фиброцементных образцов были изготовлены 2 серии образцов с 5 кг/м^3 . Первая серия была подвергнута вибрированию, вторая была заформована без применения дополнительного оборудования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Плотность фиброцементных образцов была определена в соответствии с ГОСТ 12730.1-78 «Бетоны. Методы определения плотности». Полученные данные представлены на рисунке 2.

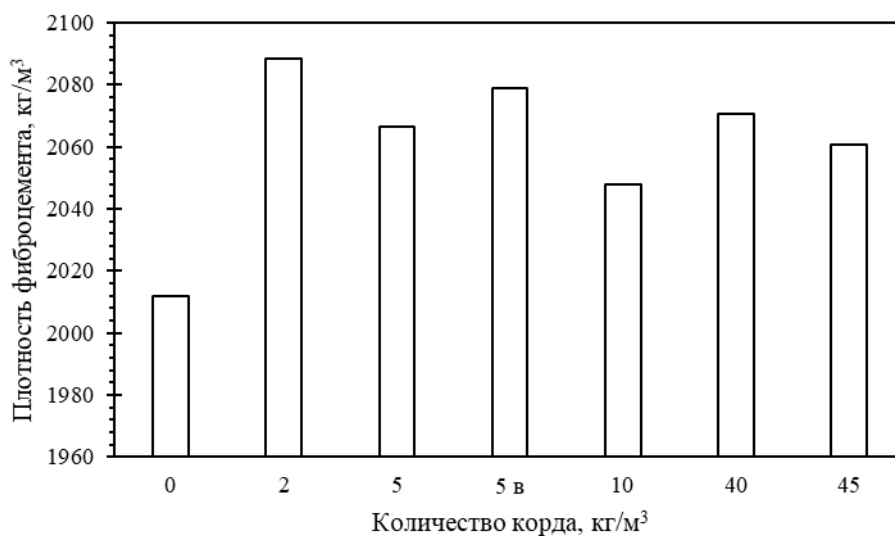


Рис. 2. Зависимость плотность фиброцемента от количества неочищенной фибры

При введении фибры плотность цементного камня становится выше. Наименьшей

плотностью обладают контрольные образцы без добавления фибры. При добавлении фибры в количестве 2 кг/м^3 плотность повышается на 3,8 %. Дальнейшее увеличение содержания фибры незначительно ($\sim 1,5\%$) снижает плотность фиброцемента. Повышение плотности цементного камня при использовании фибры объясняется уплотнением композита. Вибрирование не оказало значительного влияния на плотность изготовленных образцов.

Прочность при изгибе и при сжатии определялась в соответствии с ГОСТ 310.4-81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии (с Изменениями N 1, 2)». Полученные данные представлены на рисунках 3 и 4 соответственно.

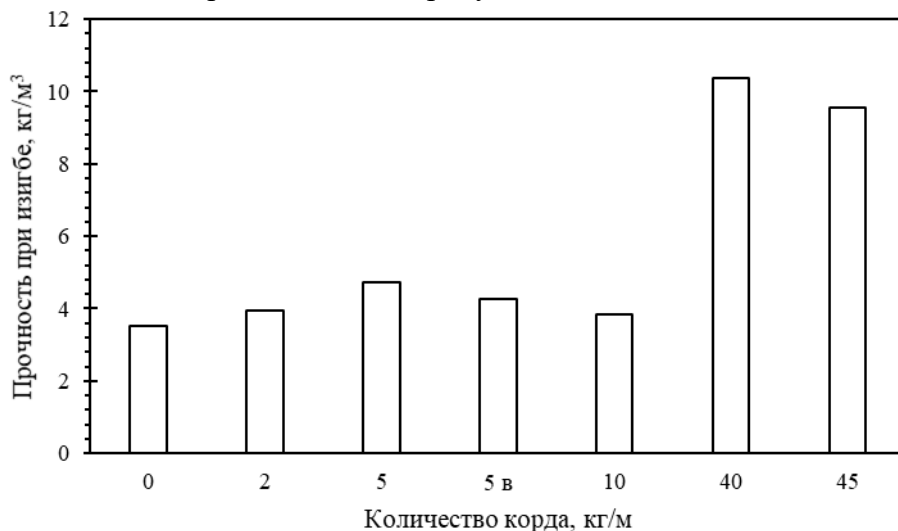


Рис. 3. Изменение прочности при изгибе в зависимости от количества фибры

Наличие фибры в цементной матрице приводит к повышению прочности при изгибе. При введении фибры в количестве 5 кг/м^3 прочность при изгибе повышается на 25%. Введение 40 кг фибры на 1 м^3 позволяет повысить прочность при изгибе практически в 3 раза.

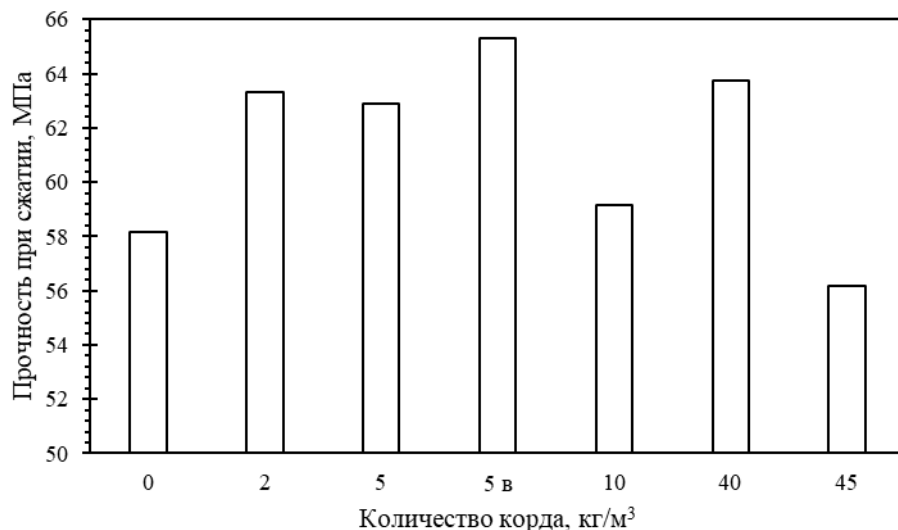


Рис. 4. Изменение прочности при сжатии в зависимости от количества фибры

Прочность при сжатии так же возрастает при введении фибры. Максимальный прирост в 11% по сравнению с контрольными образцами зафиксирован для образцов с 5 кг/м³, подвергшихся вибрированию.

ВЫВОДЫ

В связи с высокой неоднородностью неочищенного шинного корда и возможным неравномерным распределением фибры в теле композита наблюдается значительный разброс между экспериментальными данными. Введение фибры повышает плотность, прочность при изгибе и при сжатии фиброцементных образцов по сравнению с контрольным составом.

Применение специальных методов уплотнения незначительно сказалось на прочностных характеристиках, снизив прочность при изгибе на 10%, повысив прочность при сжатии на 3,7%.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Баженов Ю.М.* Технология бетона / Ю. М. Баженов. – М. : АСВ, 2003. – 500 с.
2. *Рабинович Ф.Н.* Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции: монография / Ф. Н. Рабинович. – М.: АСВ, 2004. – 560 с.
3. *Baričević A.* Influence of recycled tire polymer fibers on concrete properties / A. Baričević [et al.]. // *Cement and Concrete Composites*. – 2018. – Vol. 91. – P. 29-41.
4. *Fabio P. Figueiredoa, Asif Hussain Shaha, Shan-Shan Huanga, Harris Angelakopoulosb, Kypros Pilakoutasa, Ian Burgess.* Fire Protection of Concrete Tunnel Linings with Waste Tyre Fibres // *Procedia Engineering* 210. – 2017. – p. 472–478.
5. *Chen M.* Flexural fatigue behaviour of recycled tyre polymer fibre reinforced concrete // *Cement and Concrete Composites*. – 2020. – Vol. 105.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ (РЕСАЙКЛИНГА) СТАРОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

М.Г. Ягубов, Ю.Г. Борисенко

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»

Аннотация

Представлен анализ современных тенденций развития технологий переработки (ресайклинга) старого асфальтобетона в дорожном строительстве. Приведены особенности технологий холодного и горячего ресайклинга. Выявлен наиболее оптимальный метод регенерации

Предмет исследования: современные технологии регенерации (ресайклинга) старого асфальтобетона.

Цели: провести анализ современных тенденций развития технологий переработки (ресайклинга) старого асфальтобетона. Выявить наиболее оптимальные направления и методы регенерации старого асфальтобетона.

Выводы: Выявлена наиболее оптимальная технология переработки (ресайклинга) старого асфальтобетона.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день в России, а так же в основной массе цивилизованных стран протяженность дорог с покрытием из асфальтобетона, составляет более чем 90% от общей протяженности дорог. Однако, долговечность эксплуатируемых дорожных покрытий зачастую не соответствует нормативным характеристикам. Это связано со значительным, особенно в последние десятилетия, увеличением интенсивности движения транспорта (особенно большегрузного). Дорожное асфальтобетонное полотно не выдерживает эксплуатационных нагрузок, ускоряется старение и износ материалов покрытий, снижаются межремонтные сроки эксплуатации. При ремонтных работах значительная часть старого асфальтобетона покрытия извлекается из конструктивных слоев покрытий, вторично не используется и не утилизируется.

По этой причине, вопрос вторичного применения старого асфальтобетона становится все более актуальным. В асфальтобетонном покрытии, по истечению срока службы сохраняется до 80% полезной массы, пригодной для последующего применения. Объемы работ по ремонту асфальтобетонных покрытий увеличиваются ежегодно, и для более качественного ремонта дорог верхний слой покрытия фрезеруется, и большое количество старого асфальта не используется по назначению, а утилизируется как строительный мусор.

Тем не менее, снятые асфальтовые покрытия можно использовать повторно. Это экологично и безопасно. Так, при повторном применении старого асфальта, сберегаются как природные нерудные ископаемые, так и нефть, из которой изготавливают битум. Кроме того, использование вторичного асфальта уменьшает углеродный след покрытия.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Существуют различные методы регенерации асфальтобетона, но все их можно подразделить на два основных: горячие методы и холодные методы. Само понятие регенерации или же ресайклинга асфальтобетона подразумевает под собой технологию

переработки старого асфальтобетонного материала, предусматривающую восстановление и улучшение его характеристик с целью повторного использования при асфальтировании, а также проведении других дорожных работ [1].

На ранних этапах развития методов ресайклинга было предложено горячее фрезерование. Раньше асфальтное покрытие размягчалось перед фрезерованием. Делалось это разогревом с помощью специальных передвижных инфракрасных горелок, которые работали на природном газе, керосине или электричестве. Но в настоящее время этот способ считают достаточно дорогим и опасным для персонала и, кроме того, более энергозатратным и менее экологичным. При ремонте асфальтобетонных покрытий в большинстве случаев используется технология «холодного» ресайклинга. Эта технология позволяет восстановить дорожное покрытие, срезая поврежденный или неровный участок и укладывая новый асфальт вместо срезанного не нагревая поверхность. Путем фрезерования получается асфальтобетонный гранулят, в последствие который используется в качестве основного компонента при ресайклинге.

На сегодняшний день одной из сложнейших задач является повторное применение связующих элементов, которые содержатся в асфальтогрануляте. Старение битума это один из ограничивающих факторов. Данный механизм достаточно сложен, так как подразумевает воздействие окислительных процессов и преобразование химической структуры вяжущего вещества. Эти процессы усиливают жесткость и делают материал более хрупким. Жесткость безусловно является достоинством, так как покрытие более деформационно устойчиво в летнее время, но более жесткий материал менее деформативен при низких (зимних) температурах. То есть увеличивается его склонность к растрескиванию, что является существенным недостатком. Технология, позволяющая использовать большую процентную долю гранулята (до 100%), должна обеспечить восстановление свойств старого связующего и сделать его текучим в конечной смеси. Для России это имеет одно из решающих значений [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Наиболее перспективным методом горячего ресайклинга является термопрофилирование – технология восстановления целостности изношенного асфальтобетонного дорожного покрытия путем его разогревания, рыхления, переработки и повторного использования в качестве смеси для асфальтирования.

Во время регенерации асфальта «горячим» методом ликвидируются все дорожные дефекты: выбоины, трещины, колеиности и прочих небольших повреждений. Благодаря интенсивному перемешиванию разогретого и разрыхленного асфальтогранулята (асфальтовой крошки) достигается гомогенность (однородность) регенерируемой асфальтобетонной смеси. Возможность в процессе перемешивания вводить в нее новую асфальтобетонную смесь, битум, пластификатор или другие добавки способствует коррекции и улучшению зернового состава регенерируемой смеси, преобразовывая ее структуру, физико-механические и эксплуатационные показатели.

Следовательно, при нехватке вяжущего в старой смеси в ее состав может добавляться новая смесь с меньшим содержанием битумного вяжущего, при недостатке – с повышенным. При недостаточном содержании в старой смеси крупнозернистого минерального заполнителя, добавляется новая асфальтобетонная смесь с повышенным содержанием щебня.

Горячий ресайклинг применяется в тех случаях, когда дорожное основание не повреждено и сохранило несущую способность. В отличие от холодного ресайклинга, слой

дорожного покрытия из АГБ-смеси устроенный по технологии горячей регенерации не требует последующего асфальтирования (укладки замыкающего слоя). Слабонесущие области в лежащих ниже слоях дорожной одежды не разрушаются и подвергаются воздействию погодных условий в существенно более короткое время, так как фрезерование, приготовление смеси и ее укладка производятся в одном проходе ресайклера, за которым сразу же производится укатка восстановленного слоя.

При помощи горячего ресайклинга можно максимально быстро регенерировать дорожное покрытие, но так как при применении данной технологии приходится сильно нагревать асфальтогранулят, в последствии чего состаренный битум выгорает и его испарения отравляют атмосферу, то данным методом пользуются редко, из за проблем с экологией. Кроме того для горячей регенерации используется лишь старый асфальтобетон, что не скажешь о «холодном» методе. Машины, которые применяют для холодной регенерации, более многофункциональны, так как могут быть использованы в качестве стабилизатора, например для повышения качественных характеристик грунта (снижение кислотности, осушения и т.д.). В свою очередь холодный ресайклинг экологичнее и безопаснее, потому что не требуется нагревать старый асфальт. Машины и механизмы, которые используются в «холодном» методе намного дешевле, чем те которые требуется применять для «горячего»

Весь фрезерованный асфальт измельчается и сразу же укладывается на том же уровне, что и на старом дорожном полотне, качественные характеристики регенерированного асфальта могут быть сравнимы с качеством достигаемом на асфальтобетонных установках. Неудобства движения автомобилей по восстанавливаемой дороге сводятся к минимуму, так как площади ограничены только зоной работы ресайклера.

Холодный ресайклинг по сложности работ разделяют на два вида:

- глубокий ресайклинг – с фрезерованием на полную толщину дорожной одежды (более 10 см), который охватывает все слои покрытия вместе со щебеночными слоями основания.

- тонкий ресайклинг – фрезерование на неполную толщину дорожной одежды (от 5 до 10 см) в пределах, как правило, одного-двух слоев асфальтобетонного покрытия.

Основные операции холодного ресайклинга выполняются с помощью ресайклеров – специальных самоходных механизмов, которые способны своим мощным фрезерно-смесительным барабаном измельчить материал слоев покрытия и основы на глубину к 30 - 40 см с одновременной обработкой его вяжущим и распределить полученную смесь ровным слоем с предыдущим уплотнением.

По сравнению с горячим ресайклингом, при котором верхние асфальтобетонные слои дорожной одежды нагреваются для повторного применения, холодный ресайклинг имеет намного более широкий спектр применения и обладает рядом преимуществ перед традиционными способами строительства дорожных оснований: снижение стоимости производства на 20-30%; высокая скорость производства работ - до 3000- 8000 м² в смену; отсутствие геолого-изыскательных работ связанных с поиском карьера качественного грунта и последующей его доставке на объект строительства; можно использовать не только асфальтобетон, но и цементобетон, который добавляется в слои основания; могут быть улучшены физико-механические свойства материала, вплоть до того, что дорогу после ресайклинга можно перевести в более высокую категорию; технология удобна для применения в удаленных регионах нашей страны, где недостаточно развита инфраструктура.

ВЫВОДЫ

Анализ известных технологий регенерации асфальтобетона показал, что переработка старого асфальтобетона помогает снизить расход инертных материалов за счет использования асфальтного гранулята, а также этот процесс можно является более экологичным.

Использование технологии холодного ресайклинга для восстановления дорожной одежды на дорогах пока не имеет широкого распространения вследствие новизны, однако, учитывая критическое состояние отечественной сети дорог, эта технология имеет перспективы для более широкого применения. Что касается технологии горячего ресайклинга, эта технология менее перспективна и является более затратной, а также у горячего метода очень узкая специализация – только старый асфальт.

Состояние дорожного полотна ухудшается, и с каждым годом затраты на его ремонт увеличиваются, чтобы уменьшить стоимость и время данных работ, целесообразнее всего применять технологию регенерации старого асфальтобетона, что позволит увеличить объем ежегодно ремонтируемых дорог, и позволит сохранить огромное количество нерудных полезных ископаемых. А так же в какой-то мере снизит негативное воздействие на природу.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Проконец В.С., Филатов С.Ф., Иванова Т.Л., Тарасова М.В., Поморова Л.В.* // Восстановление асфальтобетонных покрытий методом холодного ресайклинга и добавками химических веществ. // 2018. С. 1—5
2. ОДМ 218.2.022-2012 Методические рекомендации на повторное использование асфальтобетона при строительстве (реконструкции) автомобильных дорог // 2012. С. 2-7

Секция 2. RELIABILITY OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS AND SAFETY IN CONSTRUCTION

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУРЫ ВНЕШНЕГО КОНТРОЛЯ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

Д.А. Владельщикова, О.Г. Мухамеджанова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Предмет исследования: внешняя политика испытательной лаборатории. Испытательная лаборатория должна проходить процедуру межлабораторных сравнительных (сличительных) испытаний по всем методам испытаний в течение 5-ти лет, чтобы соответствовать требованиям об обеспечении достоверности результатов при внешнем контроле качества.

Цели: Разработать процедуру внешнего контроля испытательной лаборатории ИКБС

Результаты: В ходе работы был составлен ежегодный план межлабораторных сравнительных (сличительных) испытаний (МСИ), определен провайдер, а так же составлен алгоритм проведения процедуры МСИ в ИЛ ИКБС.

Выводы: В данной работе были изучены нормативные документы по внешнему контролю испытательных лабораторий, выбраны методы испытаний, включенные в область аккредитации ИЛ, составлен ежегодный план межлабораторных сравнительных (сличительных) испытаний (МСИ), определен провайдер, а так же составлен алгоритм проведения процедуры МСИ в ИЛ ИКБС. Эти данные будут использованы для разработки процедуры проведения межлабораторных сравнительных испытаний (МСИ) в ИЛ ИКБС.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из требований к компетентности ГОСТ ИСО/МЭК 17025–2009 является обеспечение достоверности результатов, которые осуществляются посредством контроля качества в ИЛ, поэтому разработка процедуры проведения внешнего контроля испытательной лаборатории является актуальной задачей.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В данной работе использовались статьи Пашенко А.И., Ильины Е.А в том числе: «Применение межлабораторных сравнительных испытаний при оценке и подтверждении технической компетентности лаборатории», Карташовой А.В, Чамаева А.В.: «Участие в МСИ - независимое подтверждение компетентности лаборатории» и многие другие.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Одним из требований к компетентности ГОСТ ИСО/МЭК 17025–2009 является обеспечение достоверности результатов, которые осуществляются посредством контроля качества в ИЛ.

Контроль качества в испытательных лабораториях подразделяется на внутренний и внешний контроль. К внутреннему контролю относятся: повторные испытания, использование стандартных образцов. К внешнему контролю - проверка квалификации путем проведения межлабораторных сравнительных испытаний (МСИ). [1-2]

Проведение межлабораторных сравнительных испытаний состоит из следующих этапов: определение методов испытаний по всем методикам, которые входят в область аккредитации, составление плана межлабораторных испытаний на текущий год, определение провайдера МСИ, проведение межлабораторных сравнительных испытаний между испытательными лабораториями. [3-5] Этапы проведения МСИ были рассмотрены на испытательной лаборатории Института комплексной безопасности (ИЛ ИКБС)

Первым этапом межлабораторных испытаний (МСИ) являлось определение методов испытаний по всей области аккредитации ИЛ ИКБС, т.к. в соответствии с политикой Росаккредитации испытательные лаборатории должны проходить МСИ в течение 5 лет по всем методам испытаний, которые входят в их область аккредитации.

Вторым этапом является составление плана проведения МСИ на текущий год, указывается метод испытаний, нормативные документы, наименование провайдера, наименование показателя и т.д.

На третьем этапе по видам испытаний необходимо определить аккредитованных в национальной системе аккредитации (НСА) провайдеров в реестре Росаккредитации, т.к. в соответствии с политикой Росаккредитации только аккредитованный провайдер может проводить МСИ.

ИЛ ИКБС проводит испытания по пожарной безопасности строительных материалов и изделий, огнестойкости строительных конструкции, безопасности средств индивидуальной защиты, а также показателям качества строительных материалов.

На сегодняшний день существуют 19 аккредитованных в НСА провайдеров и только провайдер УНИИМ- филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева занимается испытаниями межлабораторным испытаниям (МСИ), связанных со строительными материалами.

Поэтому ИЛ ИКБС может проводить МСИ с провайдерами, не аккредитованными Росаккредитацией или между испытательными лабораториями, где за провайдера испытаний выступает какая-либо испытательная лаборатория, которая участвует в МСИ.

Следующим этапом является проведение межлабораторных испытаний между несколькими лабораториями, алгоритм проведения МСИ представлен на рис 1.



Рис. 1. Алгоритм проведения процедуры МСИ в ИЛ ИКБС

При получении неудовлетворительного результата переходят к корректирующим действиям. В этом случае необходимо тщательно ознакомиться с отчетом провайдера, проверить первичные записи исполнителя и установить причину выхода результата за установленные провайдером границы. Лаборатория может провести оценку результатов участия в МСИ по собственным правилам, которые в соответствии с ГОСТ Р 8.690– 2009 должны быть задокументированы.

Согласно требованиям национальной системы аккредитации, лаборатория должна представить сведения о переданном провайдеру протоколе в личном кабинете ФГИС Росаккредитации в течение пяти рабочих дней со дня выпуска протокола.

Руководитель лаборатории должен учитывать полученные результаты при анализе системы менеджмента и основной деятельности.

ВЫВОДЫ

В данной работе были изучены нормативные документы по внешнему контролю испытательных лабораторий, выбраны методы испытаний, включенные в область аккредитации ИЛ, составлен ежегодный план межлабораторных сравнительных (сличительных) испытаний (МСИ), определен провайдер, а так же составлен алгоритм проведения процедуры МСИ в ИЛ ИКБС. Эти данные будут использованы для разработки процедуры проведения межлабораторных сравнительных испытаний (МСИ) в ИЛ ИКБС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пономарева О.Б. Проведение межлабораторных сравнительных испытаний в рамках целевых проверок деятельности испытательных лабораторий при государственном метрологическом надзоре. // Аналитика и контроль, 2000, №4, с. 360-362.
2. Панаева В.И., Пономарева О.Б. Межлабораторные сравнительные испытания как инструмент экспериментальной проверки технической компетентности лабораторий. //Стандартные образцы, 2006, №2, с. 45-48.
3. Панаева В.И., Пономарева О.Б. Межлабораторные сравнительные испытания как средство подтверждения компетентности аналитических лабораторий при их аккредитации и инспекционном контроле. // Стандартные образцы, 2009, №4, с. 6-11.
4. Карташова А.В., Чамаев А.В. Участие в МСИ - независимое подтверждение компетентности лабораторий. // Методы оценки соответствия, 2012, №12, с.5-9.
5. Пащенко А.И., Ильина Е.А. Применение межлабораторных сравнительных испытаний при оценке и подтверждении технической компетентности лабораторий. //Разведка и охрана недр, 2013, №9, с. 49-51.
6. Карташова А.В., Прокошина Н.Ю., Халиков М.Р. Межлабораторные сравнительные испытания - внешний контроль качества работы лаборатории. //Контроль качества продукции, 2018, №9, стр. 36-39.
7. Ling V.V., Lisienkova L.N., Deryabin I.P., Baranova E.V., Deryabina A.I. Automation of the production process of the cluster pumping station: justification for controller selection // Espacios - 2019. Т. 40. № 34. С. б/с
8. Костюченко Е.Г. Методика оценки качества проектных работ в строительстве // «Строительство-формирование среды жизнедеятельности». Сборник материалов XIX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных - 2016. С. 492-494.
9. Korol E.A., Shushunova N.S., Mayilyan A.L. Organizational and technological procuring of roofing devices with greening systems // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering - 2020. Т. 753. С. 032059.
10. Korolchenko D., Kholshchevnikov V. Conceptual problems of high-rise construction and differentiation of research within the urban environment system. MATEC Web of Conferences, 2017, vol. 106, article number 01038, 12 p. DOI: 10.1051/mateconf/201710601038.
11. Пурынов И.С., Кирюхин С.М., Плеханова С.В., Виноградова Н.А. Количество и качество экспертов при выборе определяющих показателей инновационных материалов/ Сборник материалов международной научно-технической конференции «ИННОВАЦИИ -2020». Часть 2. Москва, 2020. С. 36-39.

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СО СМЕШАННЫМ АРМИРОВАНИЕМ

В.П. Горбачевский, А.Н. Топилин

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Предмет исследования: несущая способность изгибаемых железобетонных элементов со смешанным армированием без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном.

Цели: определение несущей способности изгибаемого железобетонного элемента со смешанным армированием без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном.

Материалы и методы: аналитические расчеты железобетонного элемента со смешанным армированием без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном в соответствии с положениями актуальных нормативно-технических документов.

Результаты: Выполнен расчет несущей способности железобетонной балки со смешанным армированием без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном реализован в соответствии с положениями СП 63.13330, СП 52-102-2004 и методическим пособием «Конструкции железобетонные монолитные с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном. Правила проектирования».

Выводы:

Определена несущая способности изгибаемой железобетонной балки со смешанным армированием без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном в соответствии с методиками разных нормативно-технических документов. Наибольшее значение предельного изгибающего момента, который может быть воспринят сечением элемента, получилось по расчету в соответствии с СП 52-102-2004. Необходимы дальнейшие численные и экспериментальные исследования влияния ненапрягаемой арматуры на несущую способность изгибаемых железобетонных элементов без сцепления ненапрягаемой арматуры с бетоном.

ВВЕДЕНИЕ

Армирование изгибаемых железобетонных элементов может осуществляться как традиционным способом, так и быть смешанным с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном [1,2]. Так для монолитных безбалочных перекрытий, при пролетах более 7 метров дополнительно к основному армированию, определенному из расчетов прочности, рекомендуется для

Применение высокопрочной арматуры в растянутой зоне изгибаемых железобетонных элементов эффективно для предварительно напряженных конструкций.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В литературе имеется ряд публикаций, посвященных исследованию изгибаемых железобетонных конструкций со смешанным армированием [3-5]. В [6] представлены некоторые конструктивные решения безбалочных безкапитальных железобетонных перекрытий со смешанным армированием, где в качестве напрягаемой арматуры используются высокопрочные канаты в гибкой оболочке типа «Моностренд». В этих

публикациях отмечено, что такое армирование позволило добиться повышения несущей способности и деформативности конструкций. При этом в полной мере не изучено влияние ненапрягаемой арматуры при смешанном армировании без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования выбрана железобетонная балка с характеристиками материалов и сечения, представленными в табл.1. Балка выполнена из тяжелого бетона со смешанным армированием: в растянутой зоне предварительно напряженной арматурой из одного арматурного элемента с канатной арматурой класса К7-15,7-1650-1860-ГОСТ 53772 и двумя стержнями ненапрягаемой арматуры класса А500, в сжатой зоне – двумя стержнями ненапрягаемой арматуры класса А500. Величина предварительного напряжения за вычетом первых и вторых потерь составляет $\sigma_{sp}=1063$ МПа.

Таблица 1. Характеристики материалов и сечения

№ п/п	Наименование характеристики	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Характеристики материалов				
1	Бетон			
2	Класс бетона по прочности на сжатие		B40	
3	Расчетное сопротивление бетона осевому сжатию	R_b	22	МПа
4	Относительная деформация бетона	ε_{b2}	0,0033	
5	Модуль упругости бетона	E_b		
6	Ненапрягаемая арматура			
7	Класс ненапрягаемой арматуры		A500	
8	Расчетное сопротивление арматуры растяжению	R_s	435	МПа
9	Расчетное сопротивление арматуры сжатию	R_{sc}	435	МПа
10	Модуль упругости ненапрягаемой арматуры	E_s	200000	МПа
11	Относительная деформация растянутой арматуры	$\varepsilon_{s,el}$	0,00218	
12	Напрягаемая арматура			
13	Класс напрягаемой арматуры		1650/1860 К7	
14	Расчетное сопротивление растяжению	R_{sp}	1650	МПа
15	Модуль упругости напрягаемой арматуры	E_{sp}	195000	МПа
16	Относительная деформация растянутой арматуры	$\varepsilon_{s,el}$	0,00736	
17	Характеристики сечения			
18	Параметры элемента		3200	мм
19	Длина	l		
20	Параметры сечения			
21	Ширина	b	180	мм
22	Высота	h	400	мм
23	Расстояние до ц.т. растянутой ненапрягаемой арматуры	a_s	30	мм
24	Расстояние до ц.т. растянутой напрягаемой арматуры	a_{sp}	100	мм
25	Расстояние до ц.т. сжатой ненапрягаемой арматуры	a'_s	30	мм
26	Геометрические характеристики сечения			
27	Коэффициент приведения ненапрягаемой арматуры к бетону	α_s	5,6	

28	Коэффициент приведения напрягаемой арматуры к бетону	α_{sp}	5,4	
29	Площадь сечения ненапрягаемой арматуры растянутой зоны, принимаемая по сортаменту	$A_{s,ef}$	1,01	см ²
30	Площадь сечения ненапрягаемой арматуры сжатой зоны, принимаемая по сортаменту	$A'_{s,ef}$	1,01	см ²
31	Площадь сечения напрягаемой арматуры	A_{sp}	1,5	см ²
32	Площадь приведенного сечения	A_{red}	739,4	см ²
33	Расстояние от центра тяжести приведенного сечения до рассматриваемого волокна	y	20	см
34	Статический момент приведенного сечения относительно нижней грани сечения	S_{red}	14705,7	см ³
35	Удаление центра тяжести сечения от его нижней грани	y_0	19,9	см
36	Момент инерции приведенного поперечного сечения относительно его центра тяжести	I_{red}	100046,8	см ⁴
37	Момент сопротивления приведенного сечения без учета неупругих деформаций растянутого бетона относительно нижней грани сечения	W_{red}	5029,9	см ³
38	Момент сопротивления приведенного сечения относительно верхней грани сечения	W_{red}^{sup}	4975,0	см ³
39	Расстояние от центра тяжести приведенного сечения до ядровой точки	r	6,8	см

В настоящее время действующим в Российской Федерации нормативным документом по расчету железобетонных конструкций является СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения СНиП 52-01-2003 (с Изменением N 1)». Для расчета железобетонных преднапряженных конструкций без сцепления с бетоном в 2017 году было выпущено методическое пособие «Конструкции железобетонные монолитные с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном. Правила проектирования». Данное пособие уточняло положения СП 63.13330.2012 в части расчета железобетонных преднапряженных конструкций без сцепления с бетоном. В 2019 году были приняты изменения СП 63.13330, дополнившие приложение М «Расчет изгибаемых элементов с преднапрягаемой арматурой, не имеющей сцепления с бетоном» новыми положениями по части расчета железобетонных преднапряженных конструкций без сцепления с бетоном.

Расчет несущей способности рассматриваемой железобетонной балки со смешанным армированием без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном реализован в соответствии с положениями СП 63.13330, СП 52-102-2004 и Методическим пособием «Конструкции железобетонные монолитные с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном. Правила проектирования».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Расчет несущей способности рассматриваемой железобетонной балки со смешанным армированием без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном в соответствии с СП 63.13330.2018 сведен в табл.2

Таблица 2. Расчет железобетонной балки со смешанным армированием в соответствии с СП 63.13330.2018

№ п/п	Наименование	Обозначение, формула	Значение	Ед. изм.
1	Расчетное условие прочности в стадии эксплуатации (в соответствии с п.М.2 СП 63.13330.2018)	$M \leq M_{ult}$		
2	Параметр	$A = \frac{(\sigma_{sp} - 150)A_{sp} - R_{sc}A'_s + R_s A_s}{R_b b}$	35	мм
3	Рабочая высота сечения	$h_0 = h - a_{sp}$	300	мм
4	Параметр	$B = \frac{60h_0 A_{sp}}{R_b b}$	682	мм ²
5	Высота сжатой зоны	$x = \frac{A}{2} + \sqrt{\frac{A^2}{4} + B}$	49	мм
6	Напряжение в преднапряженной арматуре	$\sigma_s = 150 \left(\frac{0,4h_0}{x} - 1 \right) + \sigma_{sp}$	1540	МПа
7	Проверка условия ограничения напряжений в арматуре	$\sigma_s \leq 0,85 R_{sp}$	Условие выполняется	
8	Предельный изгибающий момент (по формуле (М.1) СП 63.13330)	$R_b b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'_s) - R_s A_s (a_{sp} - a_s)$	61,85	кНм

Расчет несущей способности рассматриваемой железобетонной балки со смешанным армированием без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном в соответствии с положениями СП 52-102-2004 сведен в табл.3.

Таблица 3. Расчет железобетонной балки в соответствии с СП 52-102-2004

№ п/п	Наименование	Обозначение, формула	Значение	Ед. изм.
1	Расчетное условие прочности в стадии эксплуатации (в соответствии с п.3.1.2.6 СП 52-102-2004)	$M \leq M_{ult}$		
2	Относительная деформация напрягаемой арматуры растянутой зоны, вызванная внешней нагрузкой при достижении в этой арматуре напряжения, равного R_{sp}	$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_{sp} + 400 - \sigma_{sp}}{E_{sp}}$	0,0040	
3	Относительная деформация ненапрягаемой арматуры растянутой зоны, вызванная внешней нагрузкой при достижении в этой арматуре напряжения, равного R_s	$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s}{E_s}$	0,0022	

4	Относительная деформация сжатого бетона при напряжениях, равных R_b (принимается по п.3.1.2.3 СП 52-102-2004)	$\varepsilon_{b,ult}$	0,0035	
5	Граничная относительная высота сжатой зоны	$\xi_R = \frac{x_R}{h_0} = \frac{0,8}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{b,ult}}}$	0,38	
6	Высота сжатой зоны	$x = \frac{R_{sp} A_{sp} + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b}$	54	мм
7	Проверка условия ограничения высоты сжатой зоны	$x \leq 2a'_s$	Условие выполняется	
8		Ненапрягаемая арматура сжатой зоны не учитывается		
9	Относительная высота сжатой зоны бетона	$\xi = \frac{x}{h_0}$	0,18	
10	Проверка условия	$\xi = \frac{x}{h_0} \leq \xi_R$	Условие выполняется	
11	Предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением элемента	$M_{ult} = R_b b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) - R_s A_s (a_{sp} - a_s)$	67,51	кНм

Расчет несущей способности рассматриваемой железобетонной балки со смешанным армированием без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном в соответствии с положениями методического пособия «Конструкции железобетонные монолитные с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном. Правила проектирования» сведен в табл.4.

Таблица 4. Расчет железобетонной балки в соответствии с методическим пособием «Конструкции железобетонные монолитные с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном. Правила проектирования»

№ п/п	Наименование	Обозначение, формула	Значение	Ед. изм.
1	Расчетное условие прочности в стадии эксплуатации (в соответствии с п.11.1.3)	$M \leq Mult$		
2	Параметр	$A = \frac{(\sigma_{sp} - 70) A_{sp} - R_{sc} A'_s + R_s A_s}{R_b b}$	38	мм
3	Параметр	$B = \frac{42 h_0 A_{sp}}{R_b b}$	477	мм ²
4	Высота сжатой зоны	$x = \frac{A}{2} + \sqrt{\frac{A^2}{4} + B}$	48	мм

5	Относительная высота сжатой зоны бетона	$\xi = \frac{x}{h_0}$	0,16	
6	Приращение напряжений в арматуре от внешней нагрузки в предельном состоянии, определяемое по формуле (29) в зависимости от относительной высоты сжатой зоны бетона ξ	$\Delta\sigma_{s,u} = 70 \left(\frac{0,6}{\xi} - 1 \right)$	195	МПа
7	Напряжение в преднапряженной арматуре в предельном по прочности состоянии	$\sigma_{s,u} = \sigma_{sp} + \Delta\sigma_{s,u}$	1257	МПа
8	Проверка условия ограничения напряжений в арматуре	$\sigma_{s,u} \leq 0,8R_{sp}$	условие не выполняется	
		Необходимо ограничение напряжений в напрягаемой арматуре. Принимаем значение высоты сжатой зоны, вычисленное по формуле ниже (без учета ненапрягаемой арматуры в сжатой зоне)		
9	Высота сжатой зоны (в случае, если необходимо ограничение напряжений в арматуре)	$x = \frac{\sigma_{s,u} A_{sp} + R_s A_s}{R_b b}$	55	мм
10	Предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением элемента (без учета ненапрягаемой арматуры в сжатой в стадии эксплуатации зоне)	$M_{ult} = R_b b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) - R_s A_s (a_{sp} - a_s)$	62,02	кНм
11		$M_{ult} = \sigma_{s,u} A_{sp} \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + R_s A_s \left(h_0 - a_s - \frac{x}{2} \right)$	62,02	кНм

Проверка сходимости результатов расчетов производилась на основе данных, отраженных в сводной таблице по результатам выполненных расчетов (табл.5).

Таблица 5. Сводная таблица по результатам выполненных расчетов

№ п/п	Способ расчета	Значение предельного изгибающего момента, кН*м
1	Расчет в соответствии с СП 63.13330.2018	61,85
2	Расчет в соответствии с СП 52-102-2004	67,51
3	Расчет в соответствии с методическим пособием «Конструкции железобетонные монолитные с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном. Правила проектирования»	62,02

Из таблицы видно, что наибольшее значение предельного изгибающего момента, который может быть воспринят сечением элемента, получилось по расчету в соответствии с

СП 52-102-2004, так как в данном расчете рассматривается условие недопущения хрупкого разрушения ограничением высоты сжатой зоны $x < x_R$, при этом напряжения напрягаемой арматуры в данном расчете не ограничиваются при близости верхней ненапрягаемой арматуры к границе сжатой зоны и нейтральному сечению.

ВЫВОДЫ

Определена несущая способности изгибаемой железобетонной балки со смешанным армированием без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном в соответствии с методиками разных нормативно-технических документов. Наибольшее значение предельного изгибающего момента, который может быть воспринят сечением элемента, получилось по расчету в соответствии с СП 52-102-2004. Необходимы дальнейшие численные и экспериментальные исследования влияния ненапрягаемой арматуры на несущую способность изгибаемых железобетонных элементов без сцепления ненапрягаемой арматуры с бетоном.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Стемковский М.С., Меретуков З.А., Маляев В.Д., Кубасов А.Ю.* К проектированию железобетонных конструкций со смешанным армированием // ИВД. 2017. №4 (47). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-proektirovaniyu-zhelezobetonnyh-konstruktsiy-so-smeshannym-armirovaniem> (дата обращения: 19.02.2021).
2. *Кузнецов В.С., Шапошникова Ю.А.* К определению напряжений в арматуре без сцепления с бетоном в безбалочных перекрытиях // Промышленное и гражданское строительство. 2015. №3. С.50-53.
3. *Kuznetsov V. S., Shaposhnikova Yu.A.* On the definition deflections of monolithic slabs with the mixed reinforcing at the stage of limit equilibrium // MATEC web of conferences (Web of science) URL: matec-conferences.org/
4. *Портаев Д.В.* Опыт расчета монолитных преднапряженных конструкций в программном комплексе scad с использованием метода эквивалентных нагрузок. URL: scadsoft.com/download/Portaev2012.pdf.
5. *Чубаров В.Е., Умаров А.Г., Маляев В.Д.* К расчету железобетонных колонн со смешанным армированием // ИВД. 2017. №1 (44). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-raschetu-zhelezobetonnyh-kolonn-so-smeshannym-armirovaniem> (дата обращения: 19.02.2021).
6. *Бардышева Ю.А., Кузнецов В.С., Талызова Ю.А.* Конструктивные решения безбалочных безкапитальных перекрытием с предварительно напряженной арматурой // Вестник МГСУ. 2014. №6. С. 44-51.

ОСОБЕННОСТИ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

В.С. Евстратов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Предмет исследования: особенности монолитного строительства жилых зданий.

Цели: определение возможностей совершенствования организации монолитного строительства.

Материалы и методы: использованы методы сопоставления и теоретического обобщения.

Результаты: на основе сравнительного анализа различных технико-экономических показателей полносборного и монолитного строительства выявлены значительные преимущества последнего в более рациональном использовании материальных, трудовых и энергетических ресурсов.

Выводы: рациональный выбор опалубки позволяет обеспечить, как высокое качество монолитных работ, так и сократить стоимость и сроки строительства.

Создание и внедрение новых эффективных опалубочных систем, имеющих высокий уровень сборки и разборки, многократную оборачиваемость и высокую экономичность, продолжает оставаться актуальной проблемой монолитного строительства.

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития строительного комплекса Российской Федерации характеризуется существенными объемами и широкой областью применения монолитного строительства, которое позволяет обеспечить рост объемов жилищного строительства в горизонте планирования до 2030 года

С применением технологий монолитного строительства возводятся жилые дома, практически любого типа от малоэтажных коттеджей до высотных зданий.

Наиболее популярные решения, используемые при строительстве жилых зданий:

- сборно-монолитные здания с несущими конструкциями из бетона и сборными железобетонными перекрытиями;
- сборно-монолитные здания с несущими конструкциями и перекрытиями из бетона и наружными стенами с заполнением штучными материалами и их последующей отделкой или монтажом различных внешних фасадных систем.

Основные конструктивные элементы — монолитные стены и перекрытия, возводят в объемно-переставной и крупнощитовой опалубках, а сборные наружные стены и перекрытия при применении щитовой опалубки.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Различными исследованиями в области совершенствования организации монолитного строительства, занимались как российские, так и зарубежные учёные, среди них можно выделить: Атаева С.С., Афанасьева А.А., Красновского Б.М., и др. [1-7]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Использованы методы сопоставления и теоретического обобщения полученных в литературных источниках данных.

Рассмотрим технологические особенности монолитного строительства зданий.

На рисунке 1 приведены основные технологические процессы строительства монолитного здания, которые включают последовательность выполнения опалубочных, арматурных и бетонных работ, а также прочих технологических операций.

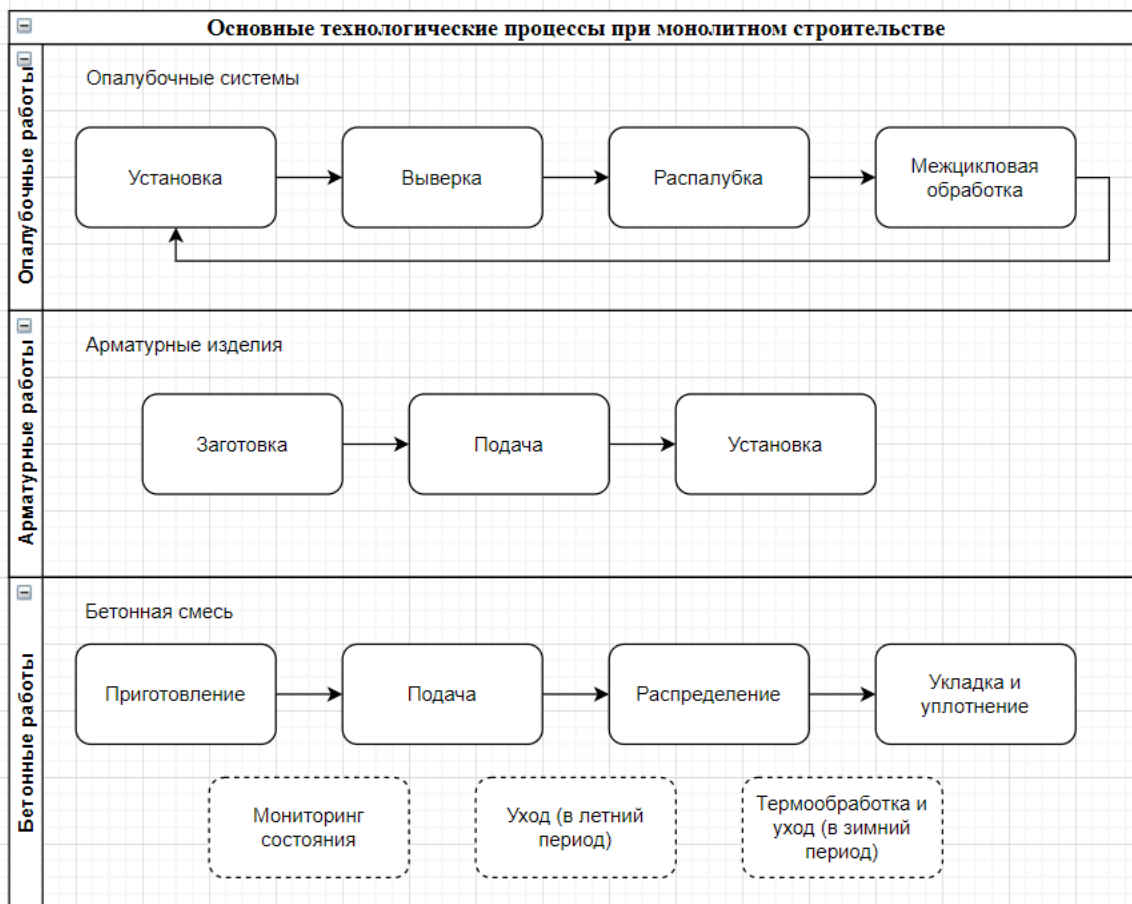


Рис. 1. Основные технологические процессы и операции в монолитном строительстве

К основному производственному элементу монолитного строительства следует отнести опалубку. Опалубку используют для возведения отдельных конструкций или конструктивных элементов. Для зданий и сооружений проектируют и изготавливают специальные опалубочные системы.

Эффективная опалубочная система должна:

- соответствовать принципам модульности (минимальное количество разнотипных составных элементов);
- соответствовать принципам простоты монтажа, эксплуатации и демонтажа;
- обладать большой прочностью и жесткостью при малой массе и материалоемкости;
- иметь высокую оборачиваемость;

- быть экономичной;
- обладать формообразующими элементами, которые при её снятии обеспечивают сохранение поверхности бетона без дефектов.

Применение эффективных опалубочных систем позволяет успешно строить здания и сооружения самого разного назначения.

Выбор типа опалубки осуществляется с учетом:

- особенностей объемно-планировочных и конструктивных решений зданий;
- грузоподъемности кранового оборудования;
- уровня механизации работ;
- наличия производственной базы;
- уровня квалификации рабочих;
- локальных климатических и природных условий.

Для строительства жилых домов наиболее широко применяется крупнощитовая опалубка. Её используют для устройства конструкций стен, колонн. Крупнощитовая опалубка представляет собой набор инвентарных щитов разной ширины и высотой, равной высоте этажа здания.

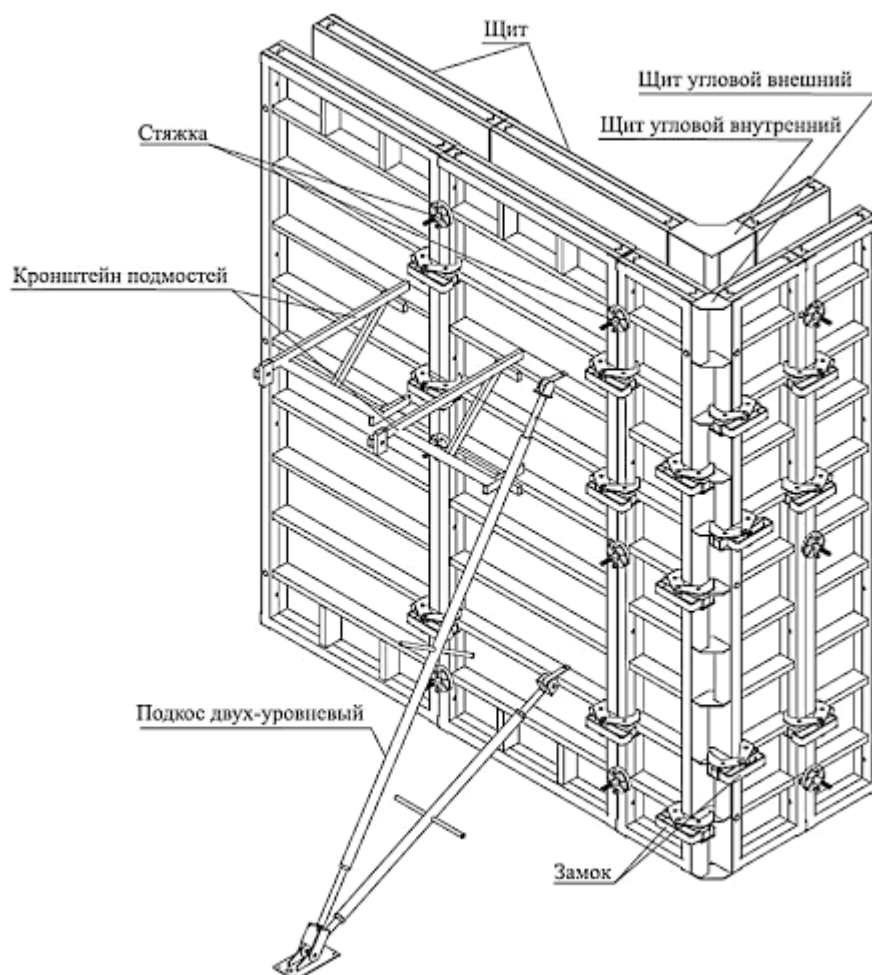


Рис. 2. Пример крупнощитовой стальной опалубки.

Опалубочные системы можно разделить на два вида:

- неинвентарные, которые используются один раз;
- инвентарные, которые используются до нескольких сотен раз.

К неинвентарным относятся индивидуальные опалубочные системы, которые создают специально для строящегося здания из расчета одноразового применения, и несъемные опалубочные системы, которые оставляют в теле бетонируемой конструкции, учитывая при этом их в расчете её характеристик.

Инвентарные опалубочные системы проектируются для нескольких типов зданий или сооружений из расчета возможности их многократного применения.

Решение о выборе наиболее эффективного варианта, использования опалубки принимается путем сопоставления приведенных затрат.

Большой ассортимент опалубочных систем, представленных отечественными и зарубежными производителями, создает проблему сложности выбора эффективного решения, а отсутствие единого стандарта оценивания качества опалубочных систем в современной нормативной документации только усугубляет проблему.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При проведении сравнительного анализа различных технико-экономических показателей полносборного и монолитного строительства выявлены значительные преимущества последнего в более рациональном использовании материальных, трудовых и энергетических ресурсов.

К основным преимуществам монолитного строительства можно отнести:

- возможность использования не типовых объемно-планировочных и конструктивных решений;
- высокую надежность и долговечность зданий и сооружений;
- хорошие эксплуатационные качества;
- возможность адаптации к методам и техническим средствам комплексной механизации и автоматизации;
- возможность применения местных строительных материалов (в том числе промышленных отходов: зол, золошлаковых смесей, шлаков);
- отсутствие привязанности к крупным базам строительной индустрии.

Монолитное строительство по сравнению с полносборным обладает рядом технико-экономических преимуществ:

- требует меньше капитальных вложений на создание производственной базы;
- ниже стоимость строительства;
- ниже энергоемкость производства;
- меньший расход цемента и арматуры;
- уменьшением монтажно-транспортных нагрузок;
- более высокой технологической гибкостью строительства;
- более широкой вариативностью архитектуры за счет:
 - строительства зданий различного назначения (жилых и гражданских);
 - строительства микрорайонов и комплексов различной этажности (в том числе высотных зданий) с различными архитектурными решениями;

- точечного строительства отдельных домов при реконструкции и реновации сложившейся застройки;
- строительства зданий повышенной комфортности с улучшенной планировкой (в том числе индивидуальных коттеджей и таунхаусов малой этажности).

ВЫВОДЫ

Рациональный выбор опалубки позволяет обеспечить, как высокое качество монолитных работ, так и сократить стоимость и сроки строительства.

Создание и внедрение новых эффективных опалубочных систем, имеющих высокий уровень сборки и разборки, многократную оборачиваемость и высокую экономичность, продолжает оставаться актуальной проблемой монолитного строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев, А.А. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона / А. А. Афанасьев. - Москва: Стройиздат, 1990. – 380 с.
2. Атаев, С. С. Технология индустриального строительства из монолитного бетона / С. С. Атаев. - Москва: Стройиздат, 1989. – 335 с.
3. Абелев, М.Ю., Особенности зимнего бетонирования среднемаассивных монолитных фундаментов высотных зданий / Абелев М.Ю., Красновский Б.М. // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 10. С. 78-86.
4. Красновский, Б.М. Инженерно-физические основы методов зимнего бетонирования // Серия "Избранные монографии ученых ГАСИС". 2004. С. 467.
5. Гусакова, Е.А. Организационно-технологический генезис как системообразующий фактор жизненного цикла объекта строительства / Гусакова Е.А., Красновский Б.М., Ройтман В.М. // Наука и Бизнес: Пути Развития. 2018. №9(87). С. 6-10.
6. Красновский, Б.М. Организационно-технологический потенциал решений строительного объекта - инструмент повышения эффективности организации строительства // Строительное производство. 2020. №2. С. 140-143.
7. Красновский, Б.М. О характерных особенностях современных методов зимнего бетонирования (предпосылки выбора и оптимизации) // Наука и Бизнес: Пути Развития. 2020. №9(111). С. 133-136.

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НА ПРИМЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА ПО СОЗДАНИЮ АКТИВНЫХ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ СУБСТАНЦИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

М.О. Каравацкий, Е.В. Бузаев

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

В статье рассматривается объект «Реконструкция и техническое перевооружение промышленного комплекса для создания производства активных фармацевтических субстанций (АФС) на территории Брянской области». Для функционирования в технологическом процессе производства АФС используют различные ЛВЖ и ГЖ, хранение которых в больших количествах увеличивает возможность возникновения аварийной ситуации.

Для того, чтобы избежать появления аварийной ситуации, необходимо оценить возможность возникновения таковой, связанной с проливом ЛВЖ и ГЖ, провести оценку возможных взрывных нагрузок и разработать рекомендации по обеспечению пожаровзрывобезопасности объекта.

С использованием генерального плана и различных документов проектной документации, по методу оценки рисков и возможных последствий определим причины возникновения и сценарии развития аварийной ситуации.

Для предупреждения возникновения аварийной ситуации, связанной с разливом ЛВЖ предусмотрим инженерные решения и технические мероприятия.

Для снижения категории ОПО и как следствие уменьшений нормативных требований к складу ЛВЖ и ГЖ, разрабатываем рекомендации по обеспечению пожаровзрывобезопасности комплекса и снижению последствий от воздействия аварийных ситуаций.

ВВЕДЕНИЕ

В 2020 г. началось перевооружение старого химического предприятия для создания первого и единственного государственного производства активных фармацевтических субстанций на территории Брянской области (см. Рис. 1). Производство субстанций – одна из важнейших составляющих фармацевтической промышленности, которая наряду с производством лекарственных средств, стоит в числе приоритетных задач, связанных с обеспечением национальной безопасности.



Рис. 1. Промышленный комплекс для производства АФС

Процесс создания фармацевтических субстанций сложный технический процесс, который включает в себя обращение не только с легковоспламеняемыми жидкостями (ЛВЖ) и горючими жидкостями (ГЖ)[1], но и включает в себя сырьё и отходы. Токсичные соединения сырья и отходов очень опасны, а поэтому требуют обязательного выполнения норм безопасности и условий хранения и транспортировки. В связи с этим химико-фармацевтические предприятия, включающие в себя комплекс зданий и сооружений, нередко находятся под самым пристальным вниманием не только Государственного экологического надзора, Федерального государственного пожарного надзора, но и Ростехнадзора.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Согласно технологическим регламентам по созданию АФС требуется большие объемы ЛВЖ, поэтому данный объект является энергоёмким с точки зрения пожаровзрывоопасности. Доставка растворителей на площадку, расположенную рядом с 1 Корпусом (см. Рис. 2), будет производиться автотранспортом по договору со специализированной организацией.



Рис. 2. Схематичный план производства

На складе ЛВЖ и ГЖ (см. Рис. 3) предусмотрено использование следующих веществ [2] (см. Таблица 1).



Рис. 3. Склад органических растворителей

Определим класс опасности склада с ЛВЖ и ГЖ по приложению 2 № 116 – ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Проектируемый объект относится к опасным производственным объектам II класса опасности.

Таблица 1. Склад органических растворителей, щелочей и кислот (ЛВЖ и ГЖ)

Склад органических растворителей, щелочей и кислот (ЛВЖ и ГЖ)			
Наименование полупродуктов и сырья	Содержание основного вещества, %	Масса, т/год	Масса, т/месяц
Ацетон	99,75	956,5	79,7
Спирт этиловый 85%	85	322,4	26,8
Спирт этиловый	96	281,9	23,5
Спирт метиловый	99	223,4	18,6
Этилацетат		206,7	17,2
Дихлорометан		175,1	14,6
Диэтиловый эфир		128,9	10,7
О-ксилол		55,4	4,6
Растворитель 1	100	53,2	4,4
Спирт изопропиловый		39,3	3,2
Бензол		37,4	3,1
Ацетонитрил		35,1	2,9
Спирт изопропиловый 86%	86	31,6	2,6
Метилтретбутиловый эфир		27,3	2,3
1,4-диоксан		25,7	2,1
Толуол		20,1	1,7
		Итого	218

Это действительно большой объём, который с дальнейшим развитием (разлив, пролив, взрыв) может повлечь за собой следующие последствия:

- Нарушение целостности конструкций корпусов;
- Загрязнение окружающей среды;
- Гибель и травмы рабочего персонала.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрим возможные чрезвычайные ситуации, связанные с проливом ЛВЖ, и взрывом газовоздушных смесей (ГВС) [3].

Причины и факторы, вследствие которых возможно возникновение и развитие аварий на проектируемом объекте, можно разделить на следующие:

- отказы технологического оборудования;
- ошибочные действия персонала;
- внешние воздействия природного и техногенного характера.

Основные причины и факторы, способные вызвать отказы оборудования:

- внутренняя коррозия и эрозия металлических элементов и конструкций (конденсат воды и наличие примесей в газе);
- внешняя коррозия (тяжелые погодные условия и дефекты защитных покрытий);

- усталость металла из-за циклических знакопеременных нагрузок;
- заводской брак при изготовлении оборудования и труб;
- дефекты сварки при строительстве газопровода;
- превышение рабочего давления;
- отказы автоматических систем (задвижки, датчики и т.п.).

Основные причины и факторы, связанные с ошибочными действиями персонала:

- внешнее механическое воздействие;

– некачественная диагностика и выявление дефектов во время эксплуатации; дефекты не ликвидируются из-за отсутствия или неудовлетворительного качества ремонтных работ, или недооценки опасности дефектов;

Основные причины и факторы, связанные с внешними воздействиями природного и техногенного характера:

- оседание почвы, оползни и т.п.; экстремальные климатические условия;

– проведение земляных и других видов работ в районе прохождения газопровода с применением тяжелой техники;

– акты вандализма или диверсии. Основными причинами возникновения ЧС, связанных с гильотинным разрушением газопровода являются:

– усталость металла из-за циклических знакопеременных нагрузок; механическое разрушение в результате повреждения линейной части техникой при проведении земляных работ, проседание почвы, актов вандализма, диверсий; превышение рабочего давления выше проектного; дефекты производства и строительного-монтажных работ.

Рассмотрим возможные последствия аварий, связанных с проливом ЛВЖ, и взрывом газоздушных смесей (ГВС).

Истечение растворителя в результате разгерметизация запорной арматуры или сосуда с ЛВЖ может привести к:

1. Устойчивому факельному горению, ситуация может иметь следующее развитие:

а) Пламя контактирует с корпусом цистерны. Опасность разрушения цистерны невелика.

б) Пламя обтекает корпус цистерны. Возможно разрушение сосуда с разливом горящего продукта.

2. Образованию взрывоопасного облака с последующим взрывом ГВС.

а) Пожары в соседних корпусах.

б) Разрушение соседних емкостей, пожар на месте истечения.

Потеря герметичности труб или емкостей с образованием свищей и трещин.

1. Пожар на месте разлива растворителя.

а) Пламя контактирует с корпусом цистерны. Опасность разрушения цистерны невелика.

б) Пламя обтекает корпус цистерны. Возможно разрушение сосуда с разливом горящего продукта.

2. Образование взрывоопасного облака с последующим взрывом ГВС.

а) Пожары в соседних корпусах.

б) Разрушение соседних емкостей, пожар на месте истечения.

Характер протекания подобных аварий аналогичен авариям с разгерметизацией запорной арматуры, за исключением того, что с течением времени размеры отверстия могут увеличиваться.

Образование взрывоопасной концентрации ЛВЖ в резервуаре[3].

1. Воспламенение ГВС.

а) Пожар в резервуаре. Опасность разрушения цистерны.

2. Взрыв ГВС.

- a) Разрушение соседних емкостей, пожар на месте истечения.
- b) Пожары в соседних корпусах.

Полное разрушение емкости с ЛВЖ.

1. Пролитая жидкость воспламенилась.

- a) Пожар на месте разлива. Возможно разрушение соседних резервуаров.

2. Образование взрывоопасного облака с последующим взрывом ГВС.

- a) Разрушение соседних емкостей, пожар на месте истечения.
- b) Пожары и обрушения в прилегающих зданиях и сооружениях[4].

При аварийном разливе ЛВЖ, без возгорания возможно загрязнение атмосферы в следствие испарения летучих воспламеняющихся жидкостей. Влияние на атмосферный воздух будет носить кратковременный, залповый характер.

ВЫВОДЫ

Для предупреждения возникновения аварийной ситуации, связанной с разливом ЛВЖ предусмотрены следующие технические решения:

- применение устройств защиты производственного оборудования от повреждений и аварий, установка отключающих, отсекающих и других устройств;
- удаление пожароопасных отходов производства;
- для обеспечения пожарной безопасности оборудованы щиты-стенды с полным набором пожарного инвентаря (щиты с противопожарным инвентарем, ящики с песком, бочки с водой);
- применение автоматических установок пожарной сигнализации;
- для нужд пожаротушения устанавливаются резервуары[5];
- внутриплощадочные и внеплощадочные проезды, разворотные площадки, тротуары, предусмотрены с твердым покрытием;
- по периметру устанавливается ограждение;

Рекомендации по обеспечению пожаровзрывобезопасности комплекса и снижению последствий от воздействия аварийных ситуаций.

–Размещение склада за территорией предприятия и увеличение расстояний между резервуарами;

–Уменьшение объемов резервуаров с возможностью пользоваться услугами доставки вещества дважды в месяц. Следствием из этого снижение категории ОПО и уменьшение нормативных требований к складу.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Комаров А.А.* Прогнозирование динамических нагрузок при аварийных взрывах в помещениях // Механизация строительства, 2000. №6. 21-26с.
2. *Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. и др.* Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Том 1. М. // Химия, 1990. 496с.
3. *Комаров А.А.* Основы обеспечения взрывобезопасности объектов и прилегающих к ним территорий // учеб. пособие. М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. 91с.
4. *Мишуев А.В., Казённый В.В., Гусак Л.Н.* Взрывозащита зданий // Пожаровзрывобезопасность, 2004. №6. 24-25с.
5. *Корольченко Д.А., Воевода С.С.* Противопожарная защита резервуаров с нефтью и помещений насосных пеной различной кратности // Пожаровзрывобезопасность, 2006. №5. 78-81с.

ТОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПОПРЯДОК АТТЕСТАЦИИ КАМЕРЫ КОРРОЗИОННЫХ ГАЗОВ И КАРБОНИЗАЦИИ

В.А. Куванов, О.Г. Мухамеджанова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Предмет исследования: периодическая аттестация камеры коррозионных газов и карбонизации

Цели: определить точностных характеристик и порядка проведения периодической аттестации камеры коррозионных газов и карбонизации.

Материалы и методы: проведение периодической аттестации камеры коррозионных газов и карбонизации проводится по ГОСТР 8.568-2017.

Результаты: в ходе работы были определены и проанализированы результаты испытаний температуры, влажности и концентрации газа, воспроизводимые камерой коррозионных газов и карбонизации.

Выводы: в данной работе были проанализированы нормированные точностные характеристики для камеры коррозионных газов и карбонизации для концентрации углекислого газа составляют $(10\pm 0,5)$ %, по температуре (20 ± 5) °С, относительной влажности (75 ± 3) %. В соответствии с нормативно-технической литературой установлен порядок аттестации камеры коррозионных газов и карбонизации, проведены испытания для воспроизведения температуры, влажности концентрации углекислого газа, которые показали, что отклонения по данным параметрам находятся в пределах допустимой нормы. Эти данные будут использованы для разработки документации для аттестации камеры коррозионных газов и карбонизации.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальностью работы является подтверждение возможности испытательного оборудования воспроизводить условия среды с заданной точностью.

Целью работы является определение точностных характеристик и порядка проведения периодической аттестации камеры коррозионных газов и карбонизации.

В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

- определить точностные характеристики камеры коррозионных газов и карбонизации
- рассмотреть порядок проведения аттестации ИО

На основании ГОСТ Р 52804-2007 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний» камера коррозионных газов и карбонизации должна воспроизводить следующие условия испытаний: концентрация углекислого газа $(10\pm 0,5)$ % по объему, температура (20 ± 5) °С, относительная влажность (75 ± 3) %.

Проведение периодической аттестации камеры коррозионных газов и карбонизации проводится по ГОСТР 8.568-2017 и состоит из следующих этапов:

- утверждается состав комиссии по периодической аттестации испытательного оборудования;

- обзор проверяемых характеристик и программного обеспечения для испытательного оборудования в соответствии с программой и методикой испытаний;
- экспериментальное определение характеристик воспроизведения условий испытаний и анализ полученных результатов;
- оформление протокола при положительных и отрицательных результатах периодической аттестации;
- вносятся записи в паспорт на оборудование о положительных результатах аттестации оборудования;
- проведение повторной аттестации при отрицательных результатах периодической аттестации испытательного оборудования.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Одним из требований к компетентности испытательных лабораторий на соответствии требований ГОСТ ИСО/МЭК 17025–2009 является проведение для средств измерений (испытаний) процедуры поверки (калибровки), а для испытательного оборудования его аттестация. [1-5]

В соответствии с ГОСТР 8.568-2017 аттестация испытательного оборудования – это определение нормированных точностных характеристик, их соответствия требованиям нормативно-технической документации и установление пригодности этого оборудования к эксплуатации. Аттестация испытательного оборудования разделяется на первичную, периодическую и повторную. [6-9]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Одним из важных этапов аттестации камеры коррозионных газов и карбонизации является экспериментальное определение характеристик и сравнение их с нормированными параметрами. Поэтому необходимо детально рассмотреть данный этап аттестации. Перед проведением испытаний в камере задаются значения температуры (15°C, 20°C, 60°C), влажности (10%, 75%, 90%), и концентрация углекислого газа (10%).

Температуру измеряют 9-ю датчиками, которые устанавливаются в разных точках камеры, а именно по углам и в центре и проводят по 10 наблюдений для каждого диапазона температуры 15°C, 20°C, 60°C. Результаты испытаний температуры 20 °C представлены в таблице 1. При этом рассчитывается среднее арифметическое значение по 10 измерений для каждого датчика, отклонение от заданной температуры $\bar{T}_j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k T_{ij}$, неравномерность распределения $\Delta T_{\text{нер}} = \bar{T}_{\text{max}} - \bar{T}_{\text{min}}$, амплитуду $A_j = \max_{j=\overline{1,k}} (T_{ij} - \bar{T}_j)$.

Для определения влажности в камере задается определенная влажность 10%, 75%, 95% и температура 60 °C, 20 °C, 20 °C, измеряется тремя датчиками в разных точках, а именно по углам и в центре 10 раз. Рассчитывалась среднее арифметическая влажность для 3 датчиков, отклонение от заданной влажности, неравномерность распределения.

Концентрацию газа в камере коррозионных газов и карбонизации измеряют 1-м датчиком в центре камеры, проводя 10 наблюдений в одной центральной точке камеры. Рассчитывалось среднее арифметическое значение концентрации углекислого газа, отклонение от заданной концентрации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ полученных значений температуры показывает, что отклонение от заданной температуры составляет $-0,2^{\circ}\text{C}$ при норме $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Таблица 1. Результаты испытаний камеры коррозионных газов и карбонизации при температуре 20°C

Заданная температура $T_{\text{бк}},^{\circ}\text{C}$	Датчик	№ испытания										Средн. ариф. $T_j,^{\circ}\text{C}$ $\bar{T}_j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k T_{ij}$	Отклонение от заданной температуры $\Delta T,^{\circ}\text{C}$ $\Delta T = \max_{j=\overline{1,n}} (\bar{T}_j - T_{\text{бк}})$	Неравномерность распределения $\Delta T_{\text{нер}},^{\circ}\text{C}$ $\Delta T_{\text{нер}} = T_{\text{max}} - T_{\text{min}}$	Амплитуда $A_j,^{\circ}\text{C}$ $A_j = \max_{j=\overline{1,k}} (T_{ij} - \bar{T}_j)$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
20	1	19,4	21,0	20,3	19,0	19,6	20,0	19,8	19,4	19,0	20,5	19,8	-0,2	0,4	1,2
	2	19,2	20,4	20,9	19,8	20,5	20,6	20,5	19,2	20,0	20,4	20,2			
	3	19,3	20,6	20,6	19,8	19,9	19,3	19,2	19,6	20,1	19,7	19,8			
	4	20,3	20,2	19,3	20,3	19,6	20,2	20,8	19,3	19,3	19,1	19,8			
	5	20,5	20,5	20,7	20,1	19,3	20,8	19,4	20,8	19,7	19,9	20,2			
	6	20,1	20,4	19,6	20,4	20,7	19,2	21,0	20,8	20,5	19,6	20,2			
	7	19,5	19,4	19,1	20,3	20,5	20,2	20,6	19,9	20,9	19,4	20,0			
	8	20,3	21,0	20,5	19,4	20,5	21,0	19,2	19,3	19,4	20,7	20,1			
	9	20,4	20,5	20,7	19,5	19,4	20,4	20,9	20,4	20,2	19,0	20,1			

Результаты испытаний при 75% влажности, температуры 20°C представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты испытаний камеры коррозионных газов и карбонизации при влажности 75%, температуре 20°C

Заданная влажность $\phi_{\text{бк}},\%$	Заданная температура $T,^{\circ}\text{C}$	Датчик	№ испытания										Средн. ариф. $\phi_j,\%$ $\bar{\phi}_j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \phi_{ij}$	Отклонение от заданной влажности $\Delta \phi,\%$ $\Delta \phi = \max_{j=\overline{1,n}} (\bar{\phi}_j - \phi_{\text{бк}})$	Неравномерность распределения $\Delta \phi_{\text{нер}},\%$ $\Delta \phi_{\text{нер}} = \bar{\phi}_{\text{max}} - \bar{\phi}_{\text{min}}$
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
75	20	1	74,8	72,9	77,3	76,7	72,6	75,0	75,1	72,2	74,5	73,2	74,4	-0,6	0,6
		2	75,3	74,7	72,1	76,4	74,4	73,4	72,2	76,8	76,8	73,9	74,6		
		3	77,9	74,1	77,6	74,1	72,3	77,0	72,0	74,3	74,9	76,2	75,0		

Данные результаты показывают, что отклонение от заданной влажности $-0,6\%$, при норме $\pm 3\%$.

Результаты измерений концентрации газа представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты испытаний камеры коррозионных газов и карбонизации при концентрации концентрации углекислого газа 10%

Заданная концентрация $C_{\text{з}}, \%$	Датчик	№ испытания										Средн. арифм. $C_{\text{ср}}, \%$ $\bar{C}_j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k C_{ij}$	Отклонение от заданной концентрации $\Delta C, \%$ $\Delta C = \max_{j=\overline{1, n}} (\bar{C}_j - C_{\text{fix}})$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
10	1	10,4	9,8	10,0	10,4	9,6	10,4	9,9	9,9	10,5	9,6	10,1	0,1

Результаты показали, что отклонение заданной концентрации составило 0,1%, при норме 0,5%.

ВЫВОДЫ

Таким образом, были проанализированы нормированные точностные характеристики для камеры коррозионных газов и карбонизации для концентрации углекислого газа составляют $(10 \pm 0,5) \%$, по температуре $(20 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$, относительной влажности $(75 \pm 3) \%$. В соответствии с нормативно-технической литературой установлен порядок аттестации камеры коррозионных газов и карбонизации, проведены испытания для воспроизведения температуры, влажности концентрации углекислого газа, которые показали, что отклонения по данным параметрам находятся в пределах допустимой нормы. Эти данные будут использованы для разработки документации для аттестации камеры коррозионных газов и карбонизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильин Ю.И., Иоффе А.В., Ревякин В.А., Стогова С.В. Устройство для коррозионных испытаний // Исследование устойчивости материалов к атмосферному или световому воздействию, определение антикоррозионных свойств. 2012. С. 13-18;
2. Писарев В.Н. Особенности внедрения требований ГОСТ Р 8.586-97 при аттестации испытательного оборудования // Труды международного симпозиума "надежность и качество". 2007. Т. 2. С. 275-276;
3. Жинкина Е.А. Метрологическая экспертиза программы и методики аттестации испытательного оборудования // Студенческая наука XVI века. 2016. №2-1 (9). С. 238-239;
4. Насковец Д.А. Аттестация испытательного оборудования // Метрология, стандартизация и управление качеством. Материалы IV Всероссийского научно-технической конференции. 2019. С.64-70;
5. Кубрак М.В., Леонов С.Н., Головкин В.В. Разработка методики аттестации испытательного оборудования // Актуальные вопросы современной науки. Сборник статей по материалам III международной научно-технической конференции. 2017. С. 19-22;
6. Золотухин К.В., Скорнякова Е.А. Применение средств автоматизации для аттестации испытательного оборудования // В книге: Метрологическое обеспечение инновационных технологий. Международный форум. 2020. С. 87-88;
7. Слепынский Г.С., Скорняков Н.Н., Целмс Р.Н. Аттестация испытательного оборудования в метрологическом обеспечении испытаний продукции // Управление качеством. 2020. № 7. С. 38-39;
8. Дедков Д.Г. Аттестация испытательного оборудования: несколько практических рекомендаций // Главный метролог. 2020. № 2 (113). С. 10-14.
9. Майер Н.Н., Златкина О.Ю., Глухов В.И. Актуальные вопросы организации аттестации испытательного оборудования в связи с введением гост р 8.568-2017 взамен гост р 8.568-97 // В сборнике: Приборы и методы измерений, контроля качества и диагностики в промышленности и на транспорте. Материалы III Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Омский государственный университет путей сообщения. 2018. С. 300-305.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Д.Г. Михалёва, В.Е. Ускова, Е.Н. Покровская

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Предмет исследования: Тенденции современного строительства предъявляют высокие требования по надежности и безопасности к древесине как строительному материалу. Для эффективной эксплуатации и увеличения срока службы деревянных конструкций требуется ослабление влияния негативных свойств материала: высокой горючести, влагопоглощения и подверженности биоповреждениям.

Цели: Для разработки комплексного подхода к обеспечению долговечности деревянных конструкций необходимо создание полифункциональной защиты, за счет многослойной обработки составами диметилфосфита и полиуретанового лака с наноразмерными частицами бентонита.

Материалы и методы: Основой для образования полифункциональных защитных свойств служит фосфорилирование, то есть поверхностное нанесение наиболее эффективных фосфорсодержащих антипиренов на образцы древесины. Что в сочетании с ПУ лаком, модифицированным бентонитом, создает полифункциональные защитные свойства. Решение поставленных в работе задач осуществлялось посредством анализа результатов испытаний, представленных в научной литературе.

Результаты: Достижение полифункциональных свойств подтверждается анализом результатов проведенных испытаний. Обработанный материал переходит в разряд слабогорючих (потеря по массе менее 20%), обладает высокой влаго- и биостойкостью.

Выводы: Достижение огне-, био-, влагостойкости и увеличение прочности частичной разрушенной древесины обеспечивают полифункциональную защиту, благодаря чему, сегодня становится возможным сохранить и продлить срок службы многих деревянных конструкций, в том числе и памятников деревянного зодчества.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня данная тема становится все более актуальной, ведь как никогда ранее общество заинтересованно в поиске надежных способов продления долговечности деревянных материалов и конструкций.

Благодаря сочетанию уникальных свойств, а именно: высокой прочности, легкости обработки и простотой скрепления отдельных элементов, экологичности и возобновляемости самой природой, древесина всегда широко использовалась в строительстве. Именно поэтому, до нас дошло огромное количество памятников деревянного зодчества, а в настоящее время все более популярным становится деревянное многоэтажное домостроительство.

Однако, из-за некоторых недостатков древесины, как материала: ее горючести, высоким водопоглощением за счет капиллярной структуры, гидрофильности и подверженности биоповреждениям сокращается срок службы деревянных конструкций.

С целью разработки комплексного подхода к обеспечению долговечности деревянных конструкций необходимо решение следующих задач:

1. Создание огнестойкости для уменьшения высокой пожарной опасности материала.
2. Обеспечение биостойкости
3. Увеличение влагозащитных свойств материала.

Так же, для памятников деревянного зодчества дополнительно требуется укрепление частично разрушенной древесины. [1]

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Данная работа построена на анализе большого числа исследований в области комплексной защиты деревянных конструкций. В МГСУ разработан метод мягкого поверхностного модифицирования, который в зависимости от модификаторов предаёт образцам огне-, био-, влагозащитные характеристики. Основными источниками послужили научные работы Покровской Е.Н., Чистова Е.Н., Кобелева А.А. представленные в разделе ЛИТЕРАТУРА. Проведя детальный анализ испытаний, была выявлена возможность создания полифункциональной защиты деревянных конструкций при обработке материала фосфорорганическими соединениями.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основой для образования полифункциональных защитных составов служит фосфорилирование, то есть поверхностное нанесение наиболее эффективных фосфорсодержащих антипиренов на материал.

Дополнительно, для укрепления разрушенной и исторической древесины необходимо применение укрепляющего компонента, в качестве которого используется Полиуретановый лак, модифицированный наноразмерных частиц бентонита. [2]

Многослойная обработка позволяет достичь полифункциональные защитные свойства. Решение поставленных в работе задач осуществлялось посредством анализа результатов испытаний, представленных в научной литературе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты влияния композитных покрытий на огнестойкость по ГОСТ 16363—98 представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты испытания по ГОСТ 16363—98

Состав	Масса образца древесины, г		Потеря массы	
	перед сжиганием	после сжигания	Г	%
ДМФ 40% водный раствор + лак ПУ с 5% содержанием бентонита	133,37	121,5	11,86	8,9
ДМФ 40% водный раствор + лак ПУ с 10% содержанием бентонита	119,61	106,21	13,39	11,2
ДМФ 10% водный раствор + лак ПУ с 5% содержанием бентонита	151,42	126,73	24,68	16,3

При терморазложении древесины, модифицированной ДМФ, на ее поверхности образуются углистые структуры, которые обеспечивают огнезащитность материала. [2]

На Рис 1. Представлены образцы древесины исходной и обработанной различными концентрациями ФОС.

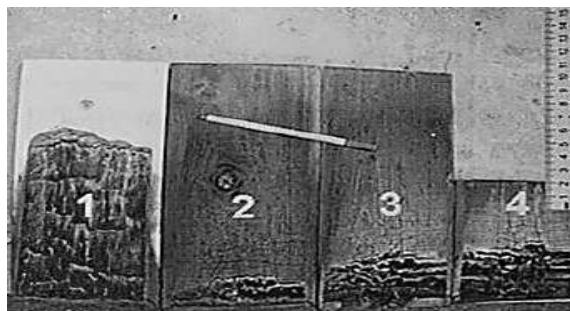


Рис. 1. Образцы древесины обработанные составами ФОС
1-исходный, 2- ДМФ+ПЭГС, 3-ДМФ+ПМС, 4-ДМФ

Использование данных защитных составов приводит к прекращению распространения пламени по поверхности, уменьшению времени самостоятельного горения и тления образцов древесины. (Табл.2.) [3]

Таблица 2. Результаты испытаний обработанных образцов древесины

Огнезащитный состав	Прохождение пламенем начального участка (30 мм)		Прирост темпер. прод. сгорания, С	Поврежд. образца по длине, мм	Индекс РП
	Время, сек	Скорость, мм/сек			
Древесина	8	3,125	40	300	60
ДМФ 10%	275	0,09	16	45	1,5
ДМФ 20 %	210	0,12	15	50	2,3
ДМФ 40%	265	0,09	22	60	3,7
ДМФ 40% + ПЭГС 5%	280	0,09	15	45	1,2

Следствием проведенных испытаний А.Кобелевым и И.Чистовым является увеличение группы огнезащитности и переход обработанной древесины в разряд слабогорючих материалов (потеря массы менее 20%).

В ходе исследований, установлено, что еще одним важным свойством полифункциональных составов, является влагозащита. При последовательном фосфолировании образцов древесины достигается устойчивое снижение водопоглощения в 1.5-2 раза. Помимо этого влагозащитные свойства увеличивают биостойкость материала. (Рис.2.) [4]

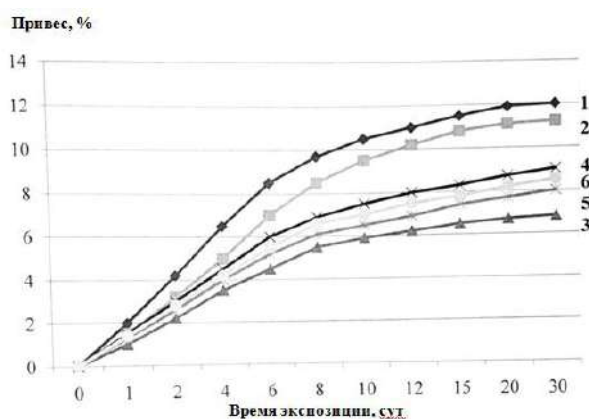


Рис. 2. Влагопоглощение образцами обработанной древесины
1-исходный ,2- ДМФ, 3-ДМФ+ПЭГС, 4-ДМФ+ПМС,
5-ДМФ+ПФМС, 6-ДМФ+ПМТФПС

По причине органического состава древесина подвержена различного рода разрушениям под действием биологических агентов.

По результатам испытаний, проведенных с целью изучения влияния фосфорорганических соединений на биостойкость древесины, установлено снижение и полное прекращение жизнедеятельности биоагентов на поверхности обработанного образца. (Табл..3.) [5]

Таблица 3. Микологическое исследование обработанной древесины

Описание образца	Лабораторные испытания	
	Балл	Описание
Исходная древесина	5	85% поверхности заросло грибами
ДМФ 20%	0	Визуально и под микроскопом спор не обнаружено
ДМФ 40%	0	Визуально и под микроскопом спор не обнаружено
ДМФ + лак ПУ с 5% содержанием бентонита	0	Визуально и под микроскопом спор не обнаружено

ВЫВОД

В 2006 году в МГСУ В.В. Холщевниковым и Е.Н. Покровской был создан биоцидный состав нового поколения. Именно он обладал полифункциональными свойствами, и при высокой степени огнезащитности, увеличивал биостойкость обработанных материалов. На основе проведенных исследований была разработана схема технологического процесса производства состава и апробирована фирмой ООО «Торговый дом Стрим и К».

Сегодня существует огромное количество пропиточных составов, повышающих огнезащитность материалов, но наиболее актуальными становятся составы с комплексным защитным эффектом. (Табл. 4.) [5]

Таблица 4. Характеристики современных пропиточных составов

Наименование состава	Огнезащитная эффективность		Биозащитный эффект	Устойчивость к старению
	Группа	расход г/м2		
Пирилакс	II	180	+	+
КСД-А м.1	II	180		+
Фоккос	II	200	+	+
Латик-В	II	300	+	+
Аттик	II	400	+	
Фоскон-Кострома	II	450	+	+
КСД	II	500	+	
Бохеми-антифлэш	II	600	+	
Сенеж Огнебио	II	600	+	
Текстурол Кваттро	II	750	+	+
ББ-1 1	II	1200	+	

Достижение огне-, био-, водостойкости и увеличение прочности частичной разрушенной древесины обеспечивают полифункциональную защиту конструкций, благодаря чему, сегодня становится возможным сохранить и продлить срок службы многих деревянных конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Покровская Е.Н, Кобелев А.А., Сивенков А.Б., Серков Б.Б. Огнезащита древесины на современном этапе// Вестник Академии Государственной противопожарной службы, М.: Академия ГПС МЧС РФ, 200. №7. С.76-85
2. Чистов И.Н, Покровская Е.Н., Увеличение долговечности древесины с помощью нанодисперсий полиуретана. // Сборник трудов «Строительство - среда жизнедеятельности». Москва,2010,стр. 593-595.
3. Покровская Е.Н., Чистов И.Н., Шепталин Р.А. Сэндвичевые покрытия по древесине с использованием нанокмозитов// Строительные материалы №7, 2010, С. 78-81
4. Покровская Е.Н, Кобелев А.А., Механизм и эффективность огнезащиты фосфоркремнийорганических систем для древесины// Пожаровзрывобезопасность. 2009. Т. 18. №3 С. 44-48.
5. Покровская Е.Н, Кобелев А.А., Влияние элементарорганических соединений на увеличение долговечности древесных материалов. М.:РАН, 2007. Т. 2. С. 306.

СТАТИКО-ДИНАМИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ ФИБРОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

И.М. Халиуллин, С.Ю. Савин

ФГБОУ ВО «Национально исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

В статье приведена методика и результаты экспериментальных исследований фибробетонных призм при квазистатическом, динамическом и статико-динамическом нагружениях. Испытания образцов выполнены на одноосное сжатие с использованием универсальной динамической испытательной машины LabTest 6.500H.5.01.1 по методике, разработанной и запатентованной Федоровой Н.В. и Медянкиным М.Д.[1]. На основании полученных экспериментальных данных построены диаграммы «напряжения – деформации» для фибробетона при квазистатическом, динамическом и статико-динамическом режимах нагружения.

Предмет исследования: Предметом исследования являлись параметры прочности и деформативности фибробетона при квазистатическом, динамическом и статико-динамическом одноосном сжатии.

Цели: Целью исследования являлось определение прочности фибробетона при статико-динамическом одноосном сжатии.

Материалы и методы: экспериментальное исследование

Результаты: По результатам экспериментальных исследований установлено, что статико-динамическая прочность образцов, предварительно квазистатически нагруженных до уровня $0,6R_{b,n}$, в среднем составила 1,16 от их прочности при статическом режиме нагружения.

Выводы: Выполненное экспериментальное исследование показывает, что фибробетон может быть использован в качестве одного из эффективных инструментов для обеспечения защиты от прогрессирующего разрушения зданий и сооружений.

ВВЕДЕНИЕ

При аварийных ситуациях, связанных с внезапной потерей несущей способности (устойчивости) одного из элементов конструктивной системы здания, происходит динамическое догружение сохранившихся конструкций, в которых на момент аварийной расчетной ситуации действуют усилия от эксплуатационной статически приложенной нагрузки.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Ряд выполненных исследований [2-6] деформирования и разрушения бетона при динамических и статико-динамических режимах нагружения позволил выявить количественные и качественные отличия в сопротивлении бетона разрушению в зависимости от режима нагружения. В связи с этим предметом исследования являлись параметры прочности и деформативности фибробетона при квазистатическом, динамическом и статико-динамическом режиме нагружения. Целью данного исследования стало определение статико-динамической прочности фибробетона и построение диаграммы состояния при статико-динамическом режиме нагружения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В методику выполненного испытания входит следующее. До начала основного этапа осуществляется нагружения образцов, в них создается начальное усилие обжатия, которое по численному значению равно не более 2% от ожидаемой разрушающей нагрузки, которое в последствии принимается за условный нуль. Испытываемая призма центрируется так, чтобы максимальные отклонения деформации по каждой грани (образующей) составляли не более 15% от их среднего арифметического значения при нагружении от условного нуля до нагрузки, равной ($60 \pm 5\%$) от разрушающей.

Нагружение каждого исследуемого образца происходит в два этапа. На первом же этапе – низкоскоростное квазистатическое нагружение производится непрерывно со скоростью $0,6 \pm 0,2$ МПа/сек до заданного уровня, который не превышает заданный в долях от разрушающей нагрузки ($60 \pm 5\%$ от разрушающей нагрузки). Затем испытываемый образец (призму) догружается высокоскоростным нагружением (ударом) до его полного разрушения. Для сопоставительной оценки полученных результатов дополнительно была выполнена серия испытаний, в ходе которых образцы нагружались от условного нуля до разрушения квазистатически ($0,6 \pm 0,2$ МПа/сек) и динамически ($600 \pm 0,2$ Мпа/сек) соответственно.

Приведенная выше методика проведения экспериментальных исследований прочности фибробетонных элементов при квазистатическом, статико-динамическом, динамическом нагружении опытных образцов – стандартных призм с размерами 70x70x280 мм, реализуется с использованием сертифицированного испытательного оборудования лаборатории НИУ МГСУ (в г. Мытищи). Для проведения экспериментальных исследований используется комбинация стандартного оборудования в виде гидравлического пресса MEGA 6-3000-100, (рисунок 1, а), универсальной динамической испытательной машины LabTest 6.500H.5.01.1 (рисунок 1, б) и специально разработанной установки для фиксации статической нагрузки. Данное испытательное оборудование оснащено системой автоматического управления и регистрации показаний. Максимальная испытательная нагрузка пресса - 3000кН, универсальной испытательной машины – 500 кН, максимальная частота регистрации данных – 5 кГц. Опытные значения продольных и поперечных деформаций бетонных образцов призм фиксируется с помощью тензорезисторов на полиэфирной подложке PLF-30. Измерительная база датчиков составляет 30 мм. Регистрация показаний тензорезисторов осуществляется при помощи комплекса оборудования NI PXIe-1082 (рисунок 1, в). Данное оборудование позволяет осуществлять регистрацию показаний с частотой дискретизации до 10 кГц.

Помимо датчика силы, встроенного в испытательную машину LabTest, использовался дублирующий датчик силы DYLF-102 (рисунок 1, г), синхронизированный при помощи комплекса NI PXIe-1082 с тензорезисторами, установленными на образцы (призмы).

В целях исследования были изготовлены в лаборатории ТВВиБ НИУ МГСУ 6 стандартных кубиков размерами 100x100x100 мм и 9 призм размерами 70x70x280 мм из фибробетона с содержанием 0,6% фибры.

Для определения фактической прочности фибробетона и корректировки уровней ступенчатого нагружения при статико-динамических режимах нагружения были выполнены испытания на квазистатическое сжатие 6 стандартных кубиков (размерами 100x100x100 мм) на испытательном гидравлическом прессе (рисунок 1, а) машине MEGA 6-3000-100 со скоростью ($0,6 \pm 0,2$) МПа/с (рисунок 2).



а)



б)



в)



г)

Рис. 1. Общий вид испытательного оборудования: а – пресс гидравлический MEGA 6-3000-100; б – универсальная динамическая испытательная машина LabTest 6.500H.5.01.1 в – комплекс оборудования NI PXIe-1082; г – датчик силы DYLF-102.



а



б

Рис. 2. Испытания стандартных кубиков: а) общий вид гидравлического пресса при испытании образца; б) вид бетонного кубика после испытаний

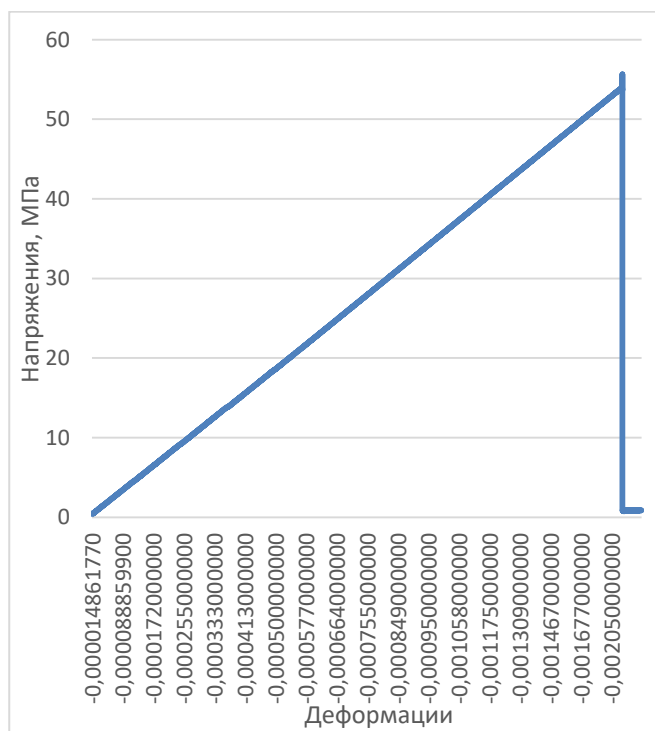
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При статико-динамических режимах нагружения были выполнены испытания 9 фибробетонных призм размерами 70x70x280 мм с содержанием фибры 0,6% на оборудовании Labortech:

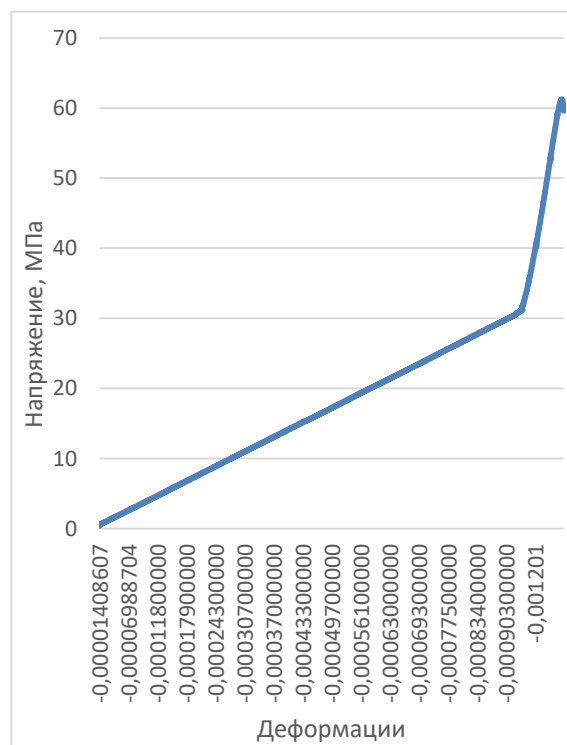
- 3 призмы при квазистатическом режиме нагружения со скоростью приращения напряжений $(0,6 \pm 0,2)$ МПа/с с целью определения параметров прочности и деформативности материала образцов; получить данные для построения диаграммы « $\sigma - \epsilon$ » для однократного кратковременного нагружения (рисунок 3, а);

- 3 призмы при квазистатическом режиме нагружения со скоростью приращения напряжений $(0,6 \pm 0,2)$ МПа/с до $0,6R_{b,n}$ с выдерживанием в течение 2 минут и последующим динамическим догружением со скоростью приращения напряжений $600 \pm 0,2$ Мпа/с с целью определения параметров прочности и деформативности материала образцов; получить данные для построения диаграммы « $\sigma - \epsilon$ » для статико-динамического нагружения (рисунок 3, б);

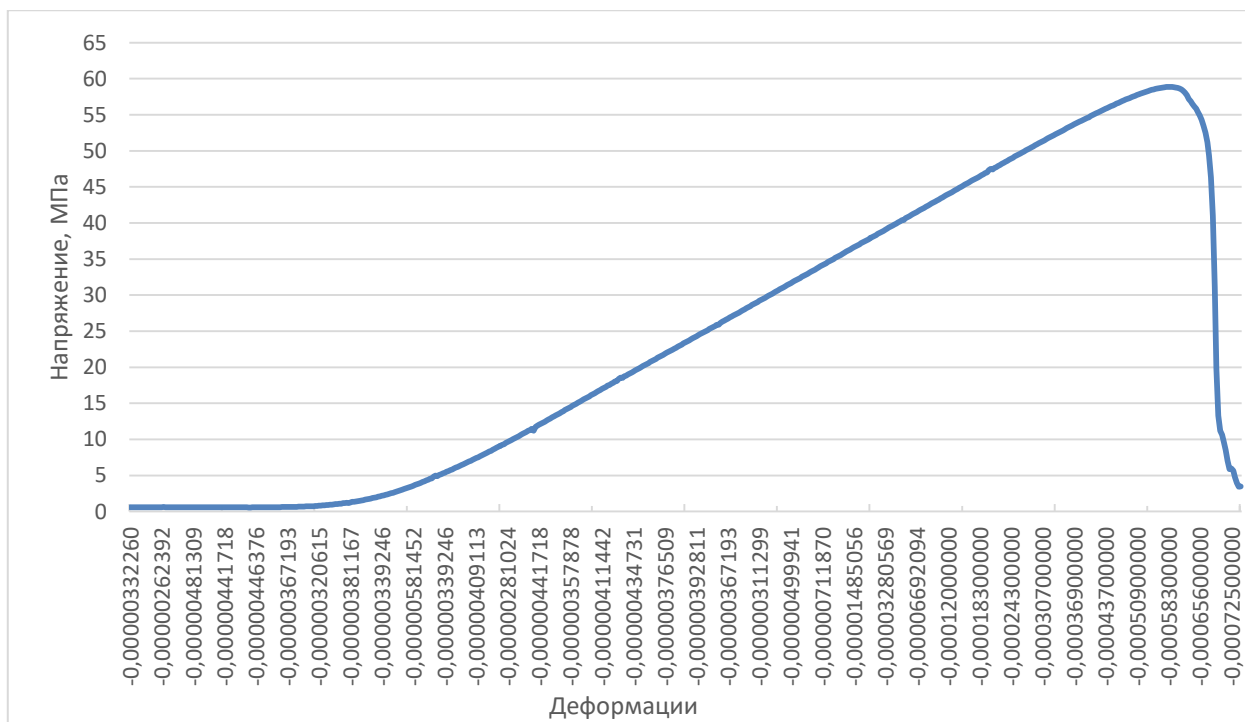
- 3 призмы при однократном динамическом нагружении со скоростью приращения напряжений $600 \pm 0,2$ МПа/с с целью определения параметров прочности и деформативности материала образцов; получить данные для построения диаграммы « $\sigma - \epsilon$ » для однократного динамического нагружения (рисунок 3, в).



а)



б)



в)

Рис. 3. а) Диаграмма « $\sigma - \epsilon$ » для однократного кратковременного нагружения;
 б) диаграмма « $\sigma - \epsilon$ » для статико-динамического нагружения;
 в) диаграмма « $\sigma - \epsilon$ » для однократного динамического нагружения.

Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты испытаний призм при статико-динамических режимах нагружения

σ_{ult} , МПа								
Квазистатическое нагружение	Динамическое нагружение от уровня $0,6R_{b,n}$, заданного квазистатически					Динамическое нагружение		
55,6	56,5	46,2	61,3	60,7	63,1	58,9	52,0	66,5

ВЫВОДЫ

Анализ результатов выполненных экспериментальных исследований фибробетонных призм (с размерами 70x70x280 мм) показывает, что статико-динамическая прочность образцов, предварительно квазистатически нагруженных до уровня $0,6R_{b,n}$, в среднем составила 1,16 от их прочности при квазистатическом режиме нагружения и оказалась несколько меньше (в среднем на 15%) их динамической прочности при чисто динамическом режиме нагружения. При достижении в призмах из фибробетона уровня напряжений σ_{ult} не происходило их полного разрушения, характерного для призм из бетона. Это позволяет рассматривать возможность использования фибробетона в качестве одного из инструментов для обеспечения защиты от прогрессирующего разрушения зданий или сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федорова Н.В., Медянкин М.Д. Способ экспериментального определения статико-динамических характеристик бетона Патент на изобретение №2696815. Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ) Заявка № 2019101336 Приоритет изобретения 17 января 2019 г. Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 06 августа 2019 г
2. Федорова Н.В., Медянкин М.Д., Бушова О.Б. Определение параметров статико-динамического деформирования бетона// Промышленное и гражданское строительство. 2020. №1– С. 4-11.
3. Федорова Н.В., Медянкин М.Д., Бушова О.Б. Экспериментальное определение параметров статико-динамического деформирования бетона при режимном нагружении // Строительство и реконструкция. 2020;(3):72-81. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2020-89-3-72-81>
4. Федорова Н.В., Ильющенко Т.А., Медянкин М.Д., Инсафутдинов А.Р. Особенности динамических догрузений железобетонных элементов конструктивных систем при гипотетическом удалении одной из несущих конструкций и трещинообразовании // Строительство и реконструкция. 2019; (2):72-80. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2019-82-2-72-80>.
5. Fedorova N., Vu Ngoc Tuyen. Deformation and failure of monolithic reinforced concrete frames under special actions // IOP Journal of Physics: Conference Series (JPCS). Volume 1425, 1, 012033
6. Гениев Г.А., Киссюк В.Н., Тюпин Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона. – М.: Стройиздат, 1974.–316 с.

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОЛОННЫ ПРИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УДАРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Д.Н. Чернова, А.В. Алексейцев

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Предмет исследования: вопрос потери устойчивости железобетонных конструкций при авариях, как и моделирование ударных воздействий на конструкции, представляется актуальным. Инциденты различной природы могут привести к потере несущей способности отдельной конструкции и дальнейшему прогрессирующему обрушению всего здания. Поэтому, учитывая возможность массового нахождения людей и уровень ответственности зданий, необходимо минимизировать риски разрушения несущих конструкций. Данное исследование рассматривает оценку устойчивости железобетонной колонны при моделировании различных вариантов горизонтальных ударов, приложение которых изменяется по ее высоте. Рассматривается три возможных случая.

Цели: выявить зависимость значения критической сжимающей силы, воспринимаемой колонной, от воздействующей горизонтальной ударной нагрузки, а также определить диапазоны значений интенсивности ударной нагрузки, соответствующих нормальной эксплуатации конструкции для каждого случая.

Материалы и методы: создание конечно-элементной модели в программе Femap with NX Nastran, использующей гексаэдрические и стержневые конечные элементы для моделирования, проведение серии опытов, анализ устойчивости конструкции на основе модели Эйлера с учётом положений СП 63.13330.2018 (СП).

Результаты: получен характер изменения критической силы от величины горизонтального удара для различных точек приложения воздействия по высоте колонны, определение условий нормальной эксплуатации конструкции и при различных случаях нагружения колонны.

Выводы: подход, приведённый в данном исследовании, может применяться при проверке ограничений по устойчивости в задачах оптимального проектирования для оценки устойчивости промежуточных вариантов объектов.

ВВЕДЕНИЕ

Несущие железобетонные конструкции зданий могут подвергаться воздействиям различной природы, например, техногенным, таким как удар автомобиля или другой более тяжёлой техники на полной скорости или взрывная волна. Согласно классификации, данные нагрузки являются особыми, нормируемыми (проектными). Законодательство устанавливает, что несущие и ограждающие конструкции зданий и сооружений должны быть запроектированы с учетом обоснованных аварийных расчетных ситуаций. При проектировании сооружений должны быть разработаны сценарии реализации наиболее опасных аварийных расчетных ситуаций и разработаны стратегии для предотвращения прогрессирующего обрушения сооружения при локальном разрушении конструкций. Важно понимать, как можно учесть воздействия, перечисленные выше, исследовать устойчивость конструкции и, при необходимости, подобрать оптимальную геометрию сечения, а также материалы конструкции. В данном исследовании выполнена оценка условий, вызывающих

потерю устойчивости сжатой железобетонной колонны при действии горизонтального ударного импульса на различных высотах.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В научной литературе одним из часто рассматриваемых вопросов является вопрос устойчивости железобетонных конструкций [1, 2], моделирование ударных воздействий на конструкции [3] и анализ динамического поведения конструкций. Эти вопросы рассматриваются как для отдельных конструкций, так и для каркасов зданий [4, 5]. К тому же актуальными являются подходы к оптимизации при расчёте различных конструкций с оценкой рисков, возникающих при аварийном воздействии [6-9], локальных повреждений конструктивных элементов [10-12], а также предельных состояний, которые при этом могут наступить [13, 14].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выбранная для проведения исследования система пре-постпроцессорного анализа Femap на базе решателя NX Nastran позволяет проводить анализ напряжённо-деформированного состояния методом конечных элементов. Базовые модули позволяют проводить анализ потери устойчивости как в линейной, так и в нелинейной постановке. В данном исследовании рассмотрена линейная постановка задачи, где не производится учёт физической и геометрической нелинейности. Анализ выполнен по модели «buckling» - на основе модели Эйлера (рис.1, а). В выбранной программе выполнена модель конструкции железобетонной колонны, полностью отражающая расчётную схему (рис. 1, б-г, рис. 2) и характеристики выбранных материалов (рис. 3).

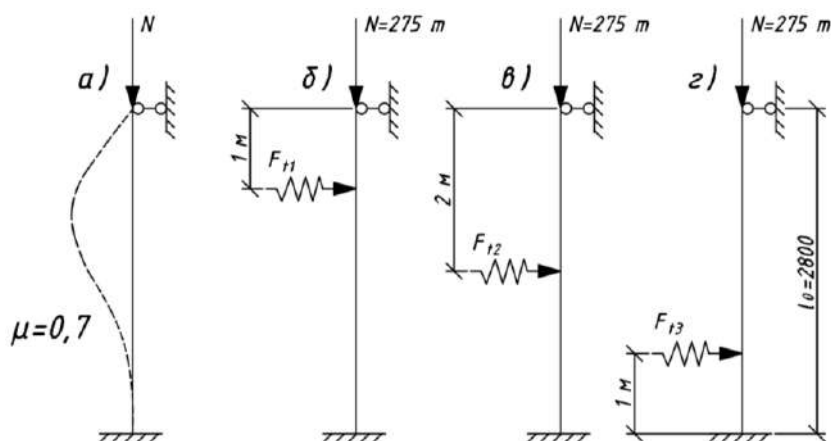


Рис. 1. Схемы для расчёта: а – форма потери устойчивости сжатого стержня по Эйлеру, б-г – различные случаи загрузки колонны

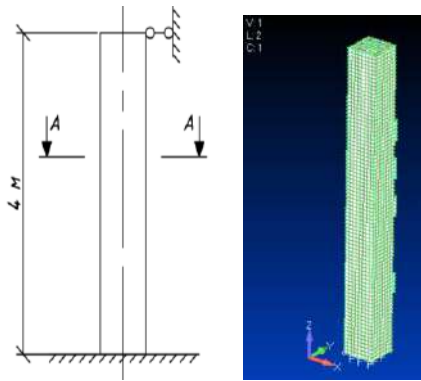


Рис. 2. Расчётная схема и КЭ- модель колонны

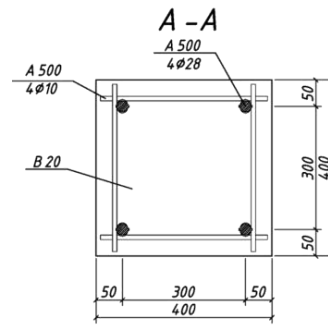


Рис. 3. Поперечное сечение колонны

Модель использует различные виды конечных элементов для моделирования разных материалов: континуальные гексаэдрические КЭ для исследования поведения бетона и простейшие конструкционные стержневые элементы для арматуры. Данные виды конечных элементов представлены на рис. 4 а и б.

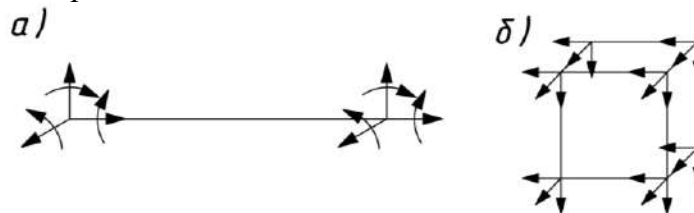


Рис. 4. Виды конечных элементов: а – стержневые, б – гексаэдрические

Для выявления зависимости между значениями критической силы и горизонтального воздействия проведём серию испытаний с различными значениями горизонтальной силы для трёх различных точек приложения нагрузки по высоте колонны. В ходе испытаний будем отслеживать критическую силу и форму потери устойчивости конструкции, чтобы выявить зоны нормальной эксплуатации конструкции. Обработав полученную информацию, построим графики и дадим сравнительные характеристики для трёх различных случаев нагружения.

При проведении исследования будем опираться на положения СП. Значение эксплуатационной нагрузки N , приложенной к колонне, рассчитаем согласно СП по формуле 8.17 как предельное значение продольной силы, которую может воспринять элемент:

$$N = \varphi \times (R_b \times A + R_{sc} \times A_{s,tot})$$

где R_b - расчетное сопротивление бетона осевому сжатию; A - площадь бетонного сечения; R_{sc} - расчетное сопротивление арматуры сжатию; $A_{s,tot}$ - площадь всей продольной арматуры в сечении элемента; φ – коэффициент продольного изгиба.

После расчёта с учётом характеристик выбранных материалов получено $N = 275 \text{ m}$.

В соответствии с формулой 8.15 СП при расчёте критической силы следует уменьшить значение модуля упругости бетона E_b , умножив его на коэффициент k_b :

$$k_b = \frac{0,15}{\varphi_1 \times (0,3 + \delta_e)}$$

где φ_1 - коэффициент, учитывающий влияние длительности действия нагрузки; δ_e -

относительное значение эксцентриситета продольной силы. В рассматриваемом нами случае $k_b = 0,17$. Модуль упругости продольной арматуры E_s , в свою очередь, следует уменьшить на 30% путём умножения на коэффициент $k_s = 0,7$. После нахождения коэффициентов вносим необходимые корректировки в расчётную модель в программе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Вначале рассмотрим случай, когда горизонтальный удар приложен на высоте 1 м от верхней опоры. Выполняя серию расчётов с различными значениями горизонтального импульса силы, замечаем, что при малых значениях $F_i < 10 \text{ м} \cdot \text{с}$ основной вклад в деформирование конструкции вносит продольная сила N (рис. 5, а). Теоретическое значение этой силы по Эйлеру составляет около 2100 т, что говорит об отсутствии потери устойчивости. Разрушение колонны по материалу начинается при значениях нагрузок, соответствующих значению $N_{cr} = 275 \text{ м}$. При дальнейшем росте значений горизонтальной нагрузки значения критической силы, соответствующей потере устойчивости, уменьшаются.

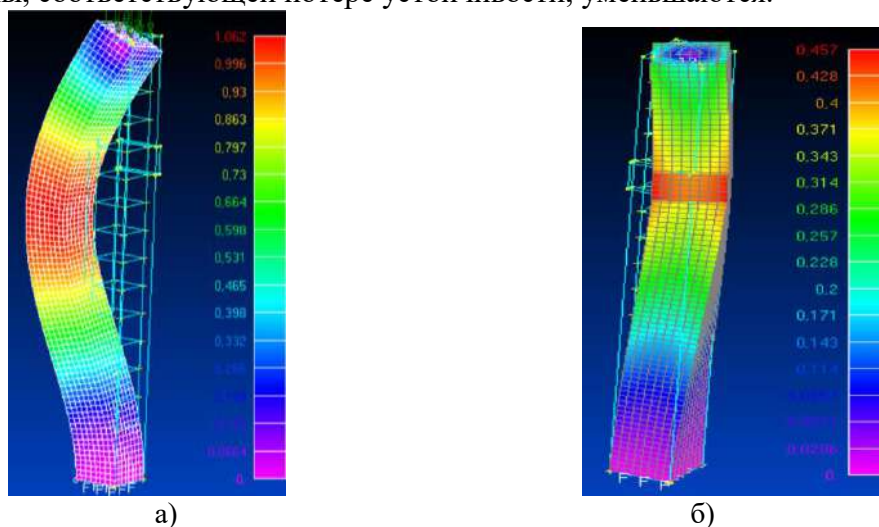


Рис. 5. Форма потери устойчивости колонны от действия преимущественно продольной силы N (а) и от совместного действия продольной силы N и ударного воздействия (б)

В качестве динамического воздействия принимается импульс силы, который показан на графике (рис. 6). График зависимости значения критической силы от значения импульса силы представлен на рис. 7. Расчёты показали, что в рассматриваемом конкретном случае колонна теряет устойчивость при воздействии импульса силы $F_i = 3075 \text{ кН} \cdot \text{с}$. При этом эксплуатационная нагрузка приобретает критическое значение $N \approx N_{cr} = 275 \text{ м}$ и возбуждается изгибно-крутильная форма потери устойчивости (рис. 5, б).

В случае воздействия горизонтального удара на расстоянии 2 м от верхней опоры получим, что горизонтальный удар не влияет на деформирование конструкции при его значениях $F_i < 10 \text{ м} \cdot \text{с}$. При этом N_{cr} принимает значение примерно равное 2150 т. При воздействии горизонтального удара на середине высоты колонны колонна теряет устойчивость, когда импульс силы достигает $F_i = 4625 \text{ кН} \cdot \text{с}$, форма потери устойчивости аналогична той, что была замечена в первом случае нагружения.

График зависимости значения критической силы от значения импульса силы представлен на рис. 8.

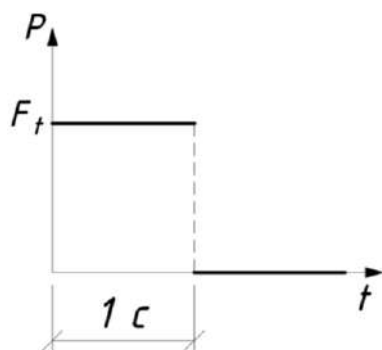


Рис. 6. График приложения ударного воздействия

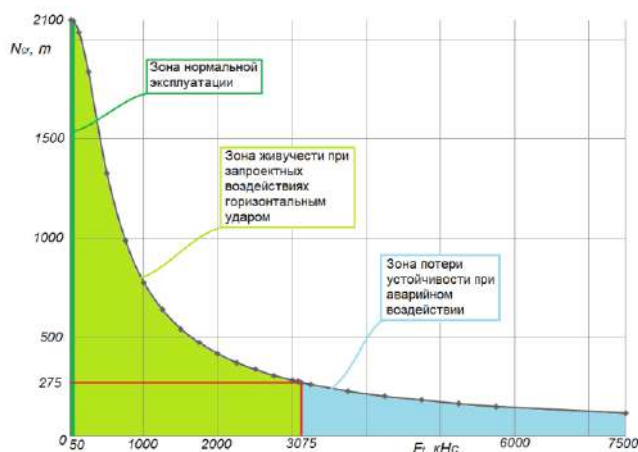


Рис. 7. Зависимость критической силы потери устойчивости N_{cr} от величины горизонтального удара, вызванного F_{t1}

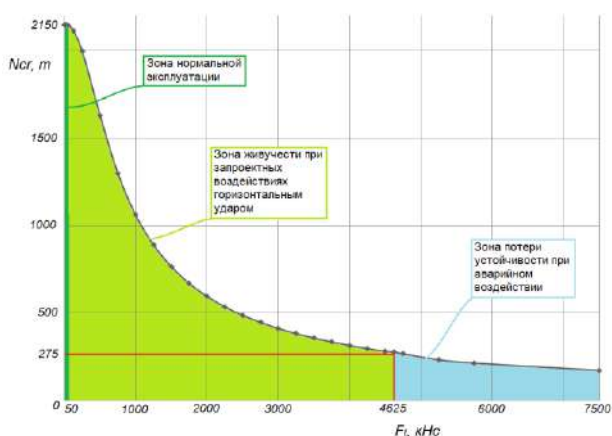


Рис. 8. Зависимость критической силы потер устойчивости N_{cr} от величины горизонтального удара, вызванного импульсом F_{t2}

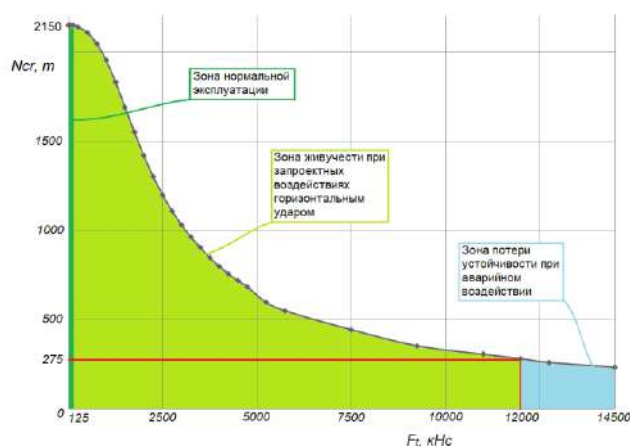


Рис. 9. Зависимость критической силы потери устойчивости N_{cr} от величины горизонтального удара, вызванного F_{t3}

Исследуя случай приложения горизонтального удара на расстоянии 1 м от нижней опоры, замечаем, что деформирование конструкции при значениях горизонтального удара $F_t < 25 \text{ м} \cdot \text{с}$ не зависит от него, критическая сила при этом принимает значение 2150 т. В последнем случае загрузки потеря устойчивости колонны происходит при значении горизонтального удара $F_t = 12000 \text{ кН} \cdot \text{с}$. График зависимости значения критической силы от значения импульса силы представлен на рис. 9.

ВЫВОДЫ

Проведя анализ зависимостей критической Эйлеровой силы от воздействия горизонтального удара для рассмотренных выше случаев приложения нагрузки, а именно, анализируя диапазоны живучести, заметим, что наименее выгодным вариантом нагружения конструкции является первый, когда удар приложен в метре от верхней опоры. Тогда упомянутый выше диапазон является наименьшим из трёх рассмотренных случаев. Наиболее выгодным является третий вариант – при горизонтальном воздействии в метре от жёсткой

заделки колонны. Это выражено в больших диапазонах нормальной эксплуатации конструкции и живучести при запроектных воздействиях.

В качестве перспективы дальнейших исследований можно отметить вопрос сравнения с анализом по деформированной схеме. Он учитывает физическую нелинейность в поведении бетона и арматуры, а также геометрическую нелинейность при учете прогибов. Также представляет интерес использование подхода, связанного с оценкой потери устойчивости при запроектных воздействиях, в алгоритмах поиска оптимальных решений для стальных и железобетонных конструкций [15, 16, 17, 3].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Kolchunov V.I., Savin S.Yu.* Survivability criteria for reinforced concrete frame at loss of stability // Magazine of Civil Engineering. 2018. № 4 (80). С. 73-80.
2. *Колчунов В.И., Моргунов М.В., Кожаринова Л.В., Прасолов Н.О.* К вопросу алгоритмизации задачи расчета живучести железобетонных конструкций при потере устойчивости // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 12. С. 52-54.
3. *Белов Н.Н., Кабанцев О.В., Коняев А.А., Копаница Д.Г., Толкачев В.Ф., Югов А.А., Югов Н.Т.* Расчет прочности железобетона на ударные нагрузки // Прикладная механика и техническая физика. 2006. Т. 47. № 6 (280). С. 165-173.
4. *Алексейцев А.В., Сертик И.Н., Бутенко А.В.* Анализ ударного запроектного воздействия на пространственные рамные системы. Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. № 4 (22). С. 400-408.
5. *Люблинский В.А., Тамразян А.Г.* Безопасность несущих систем многоэтажных зданий при локальном изменении жесткостных характеристик несущих элементов // В сборнике: Бетон и железобетон - взгляд в будущее. Научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону: В семи томах. 2014. С. 90-99.
6. *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.
7. *Тамразян А.Г., Алексейцев А.В.* Эволюционная оптимизация нормально эксплуатируемых железобетонных балочных конструкций с учетом риска аварийных ситуаций // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 9. С. 45-50.
8. *Тамразян А.Г., Алексейцев А.В.* Современные методы оптимизации конструктивных решений для несущих систем зданий и сооружений // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. № 1. С. 12-30.
9. *Alekseytsev A.V., Gaile L., Drukis P.* Optimization of steel beam structures for frame buildings subject to their safety requirements // Magazine of Civil Engineering. 2019. № 7 (91). С. 3-15.
10. *Fedorova N.V., Savin S.Y.* Time of dynamic impact to elements of RC frame at column buckling // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety. 2019. С. 033030.
11. *Алексейцев А.В.* Поиск рациональных параметров строительных конструкций на основе многокритериальной эволюционной оптимизации // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 7. С. 18-22.
12. *Kabantsev O.V., Mitrovitch B.* Justification of the special limit state characteristics for monolithic reinforced concrete bearing systems in the progressive collapse mode // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. С. 012002.
13. *Колчунов В.И., Савин С.Ю.* Предельное время динамического догружения элементов конструктивной системы каркаса здания при запроектном воздействии, вызванном внезапной потерей устойчивости одного из несущих элементов // В сборнике: "Лолейтовские чтения-150". Современные методы расчета железобетонных и каменных конструкций по предельным состояниям. Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора, автора методики расчета железобетонных конструкций

по стадии разрушения, основоположника советской научной школы теории железобетона, основателя и первого заведующего кафедрой железобетонных конструкций Московского инженерно-строительного института (МИСИ) А.Ф. Лолейта. Под редакцией А.Г. Тамразяна. 2018. С. 168-174.

14. *Савин С.Ю., Азимов Ш.А., Нсонга Б.М., Громова Д.В., Паничев И.С.* Критерии особого предельного состояния внецентренно-сжатых элементов железобетонных каркасов зданий // В сборнике: Строительство и застройка: жизненный цикл - 2020. Материалы V Международной (XI Всероссийской) конференции. Чебоксары, 2020. С. 198-207.
15. *Алексейцев А.В.* Двухэтапный синтез структурных конструкций с использованием генетического алгоритма и тетраэдризации Делоне // Международный журнал по расчету гражданских и строительных конструкций. 2013. Т. 9. № 4. С. 83-91.
16. *Alekseytsev A.V.* Optimal design of steel frame structures subject to level of mechanical safety // Building and Reconstruction. 2020. № 3 (89). С. 51-62.
17. *Алексейцев А.В.* Оптимальный структурно-параметрический синтез систем усиления металлических ферм // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2014. № 2. С. 37-46.
18. *Perelmuter A.V., Kabantsev O.V.* About the problem of analysis resistance bearing systems in failure of a structural element // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2018. Т. 14. № 3. С. 103-113.

Секция 3. MODELLING AND MECHANICS OF BUILDING STRUCTURES

ВЛИЯНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ФУНДАМЕНТЫ ЗДАНИЙ РАЗЛИЧНОГО ТИПА

Н.А. Афанасьев, Е.В. Кургузова, В.В. Сидоров

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

В данной статье производится определение и сравнение полученных значений усилий и перемещений, возникающих в фундаментах различных типов сооружений нового строительства до и после сейсмического воздействия на них. Рассмотрены следующие виды фундаментов: свайный фундамент с заглубленными локальными ростверками, комбинированный свайно-плитный фундамент (КСПФ) и армированное основание. Вопрос применения разных типов фундаментов в районах с высокой сейсмичностью слабо изучен. Поэтому в данной статье представлены результаты расчета поведения системы «сооружение - грунтовый массив» в трех различных вариантах конструирования фундаментов до и после приложения на расчётную схему сейсмических воздействий. Значения усилий были получены в программном комплексе Plaxis 3D. В расчет принимается модель сооружения 16-ти этажное здание. В качестве рассматриваемой модели грунта используется реализованная в Plaxis 3D модель Мора Кулона. Произведена оценка полученных результатов и сделан вывод о возможности применения каждого вида основания в районах с высокой сейсмичностью. По результатам расчёта и сравнения полученных усилий и перемещений наиболее подходящим типом фундамента является свайный фундамент с заглубленными локальными ростверками.

ВВЕДЕНИЕ

Землетрясение возглавляет список самых опасных и разрушительных явлений природы. В разных точках мира ежедневно происходит более десятка землетрясений. В России согласно картам общего сейсмического районирования, 40% территорий являются сейсмически опасными [1]. Сейсмические воздействия, а именно распространяемые ими колебания, приводят к изменению механических свойств грунтов, которые сложно спрогнозировать. Эти изменения, а также специфический характер работы системы «сооружение - грунтовый массив» в условиях высокой сейсмичности определяют особенности выбора конструктивной схемы, объёмно-планировочных решений и проектирования фундаментов. Поэтому вопрос применимости разных видов фундамента в районах с высокой сейсмичностью, как и вопрос прогнозирования поведения основания и фундамента с помощью математического моделирования требует разработки и дальнейшего развития.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Проблемы, возникающие при строительстве в данных районах, рассматривали многие отечественные и зарубежные ученые: С. А. Толушов [2], И.Т. Мирсаяпов [3]. Развитием динамических и вероятностных методов расчета занимались такие учёные как О. В. Мкртычев [4] и Алиморади [5]. Проблемами моделирования фундамента и проблему системы «сооружение – грунтовый массив» при сейсмическом нагружении изучали А. И. Нагибович [6], А. И. Лукьянов [7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данной работе применялись следующие методы:

– Математическое моделирование. Для корректной оценки возможности применения различных видов фундаментов проведено математическое моделирование совместной работы системы «сооружение – грунтовый массив» при задании сейсмического воздействия.

– Сравнение. Проведено сравнение полученных данных в виде усилий и перемещений, возникающих в свайном фундаменте с локальными ростверками, комбинированном свайно-плитном фундаменте (КСПФ) и армированном основании; характера работы различных типов фундамента во время восприятия сейсмического воздействия и по его завершению.

– Анализ. Все полученные результаты математического моделирования подвергались подробному анализу, на основании которого делались выводы о работе рассматриваемых конструкций при землетрясении. На основе проведенного анализа представлены рекомендации для выбора наиболее рационального типа конструкции фундамента.

Поскольку сейсмическое воздействие является ярко выраженным нестационарным случайным процессом, то его моделирование возможно только с применением теории надежности и теории случайных процессов. Одним из возможных подходов, позволяющих решить эту проблему, является использование акселерограмм, содержащих записи ускорений различной интенсивности, спектрального состава и продолжительности. Фрагмент акселерограммы, которая был использована в данной статье, представлен в табл. 1.

Таблица 1. Фрагмент акселерограммы землетрясения по оси X для времени от 0 до 0,05с

Время, с	Ускорение, м/с ²
0	0,001503625
0,01	0,001501118
0,02	0,001498529
0,03	0,001495857
0,04	0,001493102
0,05	0,001490263

В данной работе были использованы акселерограммы землетрясения по осям X, Y, Z продолжительностью 8 секунд, которые соответствуют интенсивности реального землетрясения, происходящего один раз в 1000 лет.

При проектировании к фундаментам в сейсмических районах предъявляется следующее требование: глубина заложения фундаментов сооружений в пределах отдельных отсеков должна быть задана одинаковой [1]. Для предотвращения изменения частоты колебаний также рекомендуется увеличивать глубину заложения, например, путём устройства подземных этажей.

В качестве рассматриваемой модели сооружения принято 16-ти этажное здание, габаритные размеры (в осях– 48,0х30,0 м) и конструктивная схема которого соответствуют [1]. Значение полезной нагрузки, приложенной к центру колонны, равно 4860кН, данное значение было уменьшено в два раза для крайних колонн и в четыре раза для угловых колонн.

С учетом конструктивных требований [1] и [8], в данной статье выделено три вида фундамента, подходящих для проектирования в районах с повышенной сейсмичностью: свайный фундамент с заглубленными локальными ростверками, комбинированный свайно-плитный фундамент (КСПФ) и армированное вертикальными элементами грунтовое основание (далее просто армированное основание).

Расчётные схема данных оснований представлены на рис. 2 а, б, в.

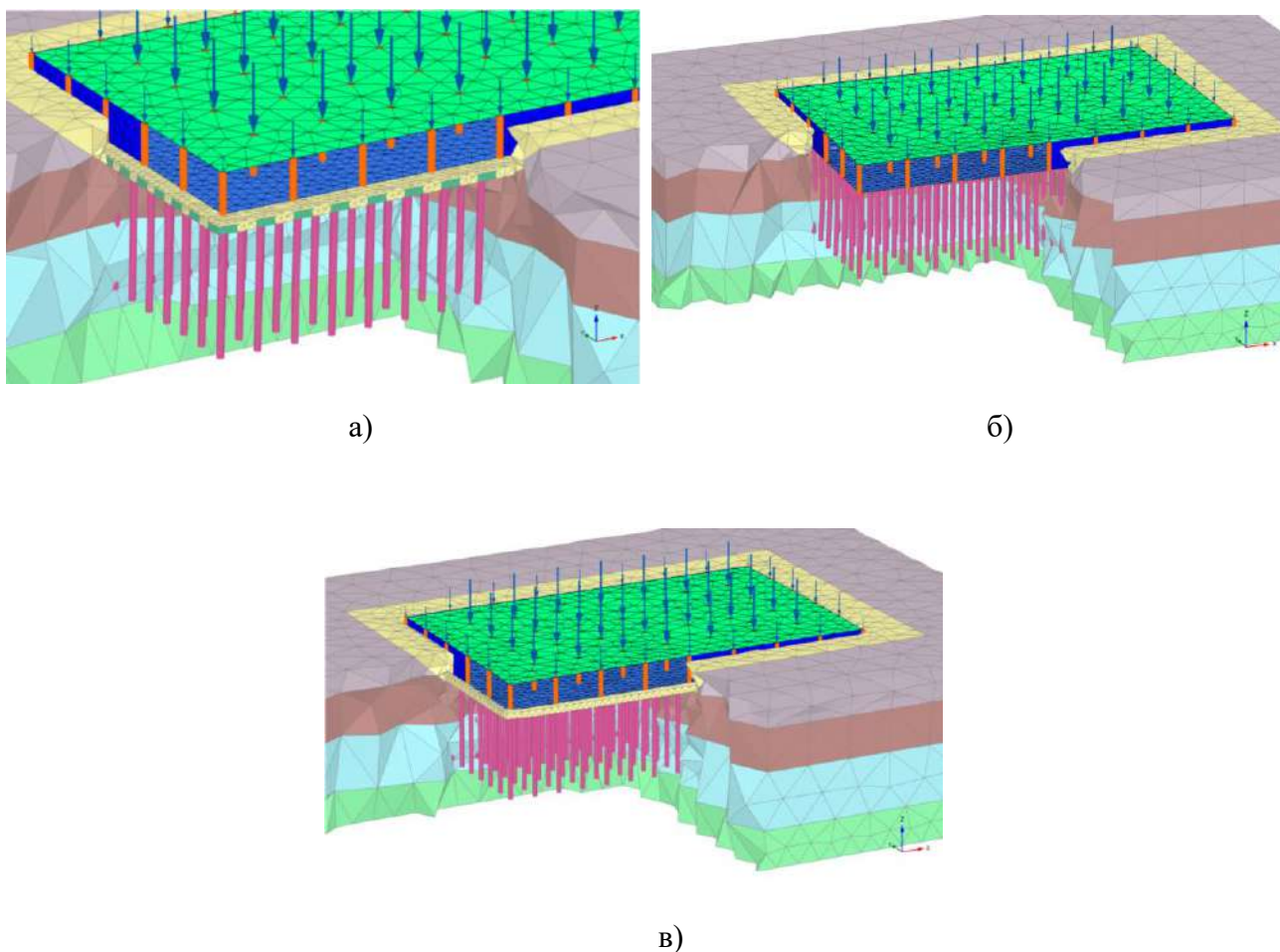


Рис. 1. Расчётные схемы: а) свайный фундамент с заглубленными локальными ростверками; б) комбинированный свайно-плитный фундамент (КСПФ); в) армированное основание

В схеме типа «заглубленный локальный ростверк» (размеры ростверка 1,6x1,6x0,6м), центры ростверков совпадают с осями колонн и свай, низ ростверка заглублен на 1,5м относительно фундаментной плиты. Также в схеме «армирование основания» сваи отделены от фундаментной плиты песчаной распределительной подушкой толщиной 1,5м. В расчетной схеме КСПФ сваи примыкают к фундаментной плите.

Сваи приняты забивные, длиной 10м, способ погружения свай – вдавливание. Сваи квадратного сечения, ширина – 0,4м. Несущая способность одной сваи по расчёту составила 1463кН. Во всех расчетных схемах общее количество свай одинаковое, они распределены по площади равномерно (т.е. общее число свай в каждой расчётной схеме составило 216 шт).

Толщина плиты перекрытия во всех случаях принята равной 0,2 м; толщина фундаментной плиты - 1м.

Механические характеристики грунта, принятые в расчёте, представлены в табл. 2.

Таблица 2. Характеристики грунта

№ ИГЭ	Плотность грунта, г/см ³	Влажность грунта природная, %	Показатель текучести, д.е.	Коэффициент пористости, д.е.	Угол внутреннего трения, °	Удельное сцепление, кПа	Модуль деформации, МПа	Коэффициент поперечной деформации
	ρ				φ	c		
	0,95				0,95	0,95		
ИГЭ-1	Ro = 80 кПа согласно табл. В.9, прил. В, СП 22.13330.2011							
ИГЭ-10	2,20	14	0,14	0,41	25	50	25	0,33
ИГЭ-15	1,77	16	-	0,70	29	5	25	0,30
ИГЭ-20	2,17	16	0,05	0,45	19	61	29	0,34
ИГЭ-30	2,01	21	-	0,55	32	5	27	0,31

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Расчеты выполнены по I группе предельных состояний с обеспеченностью 0,95. В качестве рассматриваемой модели грунта использована реализованная в Plaxis 3D модель Мора Кулона. Необходимые характеристики для сравнения трех типов фундаментов представлены в табл. 3.

Таблица 3. Сравнение полученных значений перемещений и усилий до и после землетрясения

Заглубленный ростверк			КСПФ		Армированное основание	
	Без сеймики	С сеймикой	Без сеймики	С сеймикой	Без сеймики	С сеймикой
Перемещения, мм						
U_x , мм	3	24...53	3	29...52	5	23...54
U_y , мм	3	39...59	4	42...56	5	36...58
U_z , мм	До 35	До 26	До 37	До 26	До 31	До 21
P_{Uz} , мм	5...13		1...12		7...14	
Усилия						
N_{max} , кН	-1366	-1101	-1408	-1102	-866	-586
M_{max} , кНм	20	36	100	197	38	59
ΔM_{max} , кНм	16		97		21	
Q_{max} , кН	37	115	105	133	114	152
ΔQ_{max} , кН	78		28		38	

Во всех трех типах фундаментов горизонтальные перемещения до и после сейсмического воздействия примерно равны (3...5 мм «до сеймики» и до 60 мм «после сеймики»).

Горизонтальные перемещения и осадки до и после сеймики (а так же фазовые значения данных величин) во всех трех конструктивных схемах близки по абсолютным значениям (после сеймики горизонтальные перемещения - менее 60мм; осадки – до 26мм; расхождение данных значений составляет менее 3%).

Прирост значений максимального момента, вызванный приложением сейсмического воздействия, наблюдается у фундамента типа «заглубленный локальный ростверк», прирост составляет $\Delta M_{max} = 16$ кНм (ΔM_{max} для армированного основания составляет 21кНм и 97кНм для КСПФ). Наибольший прирост значений поперечных сил также наблюдается у фундамента типа «заглубленный локальный ростверк» ($\Delta Q_{max} = 78$ кН > 38кН > 28кН), при этом фундамент «заглубленный локальный ростверк» после сейсмического воздействия воспринимает наименьшее значение поперечной силы (115кН < 133кН < 152кН).

ВЫВОДЫ

Несмотря на различные типы фундаментов, такая близкая схожесть горизонтальных перемещений и осадок до и после сейсмического воздействия связана с использованием в расчете не только одинаковой наземной части здания, но и схожей подземной части.

Таким образом, из трёх видов фундамента, подходящих для проектирования в районах с повышенной сейсмичностью с помощью математического моделирования, сравнения и анализа полученных перемещений и усилий сделан вывод о том, что наиболее рациональным типом конструкции фундамента в данном случае является фундамент типа «заглубленный локальный ростверк». Потому что у этого типа фундамента:

1. наименьший прирост значений максимального момента, вызванный приложением сейсмического воздействия;
2. наименьшее воспринимаемое значение поперечной силы после землетрясения.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах
2. Толушов С.А. Проблемы проектирования сейсмостойких зданий / Толушов С.А., Немова Е. Ю., Загарина М. С. // Молодой ученый. – 2015. – №11 – С.55-57
3. Мирсаяпов И.Т. Проектирование свайно-плитного фундамента высотного здания с учетом влияния ветровых воздействий на сейсмостойкость грунтового основания / И.Т. Мирсаяпов, И.В. Королева // Жилищное строительство. – 2015. – №5. – с. 88-91.
4. Mkrtychev O. (2019) Degradation of Dynamic Parameters of Reinforced Concrete Buildings during an Earthquake. In: 28th annual russian-polish-slovak seminar on theoretical foundation of civil engineering; Zilina; Slovakia; IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 661(1) 012013. doi: 10.1088/1757-899X/661/1/012013
5. Alimoradi, A, Beck, JL (2015) Machine-learning methods for earthquake ground motion analysis and simulation. Journal of Engineering Mechanics 141(4): 04014147.
6. Nagibovich A.I. Approbation of the developed technique of superelement simulation of dynamics for system “Basis–Foundations structures and stands – 160 Structures of the roof” for stadiums for the 2018 FIFA World Cup in Russia // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.– 2018.– Vol. 456.– №1.
7. Лукьянов А.И. Выбор оптимального метода и ПК для расчета комбинированного свайно-плитного фундамента / Международный студенческий строительный форум 2018 (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова) // Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. С.118- 123.
8. СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений». - М.: Минрегион России, 2010. - 166 с.

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОБИЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА И ЗАПОЛЯРЬЯ

М.И. Григорьев, Б.С. Стригин

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Мытищинский филиал

Аннотация

В настоящей статье выясняются проблематика и особенности строительства объектов в условиях Крайнего Севера. Проводятся исследования в изучении новых типов мобильных объектов, которые наиболее полно удовлетворяют условиям проектирования для сурового климата. Дается определение и классификация мобильных объектов. На основании проведенного автором анализа проектов предлагается типологический ряд основных объемно-планировочных решений. В статье объясняются причины активного развития мобильной архитектуры за счет её экономической и конструктивной целесообразности использования в северных регионах, также излагаются некоторые взгляды на эту тему.

Цель исследования: выявление основных закономерностей формирования новых типов мобильных объектов в условиях Крайнего Севера и Заполярья.

Достижение данной цели предполагает решение следующих задач:

1. Выявление основных тенденций эволюционного развития мобильного жилища для временного пребывания.
2. Общая концепция развития мобильного жилища в зависимости от технологического развития.

Объектом исследования являются сложившиеся типы мобильного жилища, современные реализованные и концептуальные проекты.

Предмет исследования: модели и методы организации среды обитания в экстремальных климатических зонах.

Результаты исследования имеют научно-практическую ценность для улучшения системы классификации мобильных объектов, а также выявляют принципы проектирования наиболее практичных форм и созданию комфортной среды.

ВВЕДЕНИЕ

Эксплуатация новых, современных, мобильных жилых объектов в условиях Крайнего Севера и Заполярья является на сегодняшний день важным и актуальным делом для освоения Севера. Ведь развитие Севера открывает для нашей страны весьма неплохие перспективы. Этот уникальный регион располагает огромными запасами природных ресурсов, добыча и разработка которых требует организации жилья и мест приложения труда занятых на этом производстве людей. Ускоренное развитие производительных сил этого большого региона - одна из важнейших народно-хозяйственных задач, которая позволяет серьезно укрепить финансовое положение страны.

Также необходимо сказать, что освоение материковой части Севера естественным образом приведет к развитию Арктики, а, как известно по оценкам геологов, в Арктике находится до 30% мировых запасов газа и 13% глобальных резервов нефти. Наконец, Арктика – это 20% мировых запасов пресной воды.

Исходя из вышесказанного, нашей стране необходимо осваивать и развивать Крайний Север и как же в этом ей могут помочь мобильные, современные жилые объекты?

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Всем известно, что для районов Севера характерна большая текучесть кадров, которая объясняется не только трудностями проживания и работы в суровых природно-климатических условиях, но и неблагоустроенностью населенных пунктов, низкой обеспеченностью жильем и культурно-бытовым обслуживанием. Поэтому важно создать там все необходимые и комфортные условия для жизни людей, занятых на строительстве и эксплуатации объектов, расположенных в огромном отрыве от базовых поселений. Именно такого рода действия обеспечат приток рабочей силы в этот регион.

Для северных районов характерно общее удорожание строительства, которое вызвано суровыми природно-климатическими и сложными инженерно-геологическими условиями строительства, отсутствием постоянно действующего (круглогодичного) транспорта как для перевозки грузов, так и людей. Строительство в условиях Крайнего Севера традиционных зданий, не приспособленных для перебазирования на новые места эксплуатации, неизбежно связано с резким увеличением трудозатрат на их возведение, стоимости обустройства рабочей силы и сроков освоения необжитых районов.

Все это обуславливает необходимость использования, особенно на первых этапах освоения, мобильных поселений с малыми сроками существования на одном месте.

Что же такое мобильный жилищный объект? Это временное жилище, перемещаемое в любую географическую точку пространства, встраиваемое в жилую структуру, с возможностью последующей быстрой сборки-разборки и изменения местоположения.

Такие мобильные жилые объекты обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными домами капитального строительства. К таким преимуществам относятся:

- максимальная заводская готовность;
- высокая транспортабельность;
- минимальная масса и объем в сложенном состоянии;
- возможность использования вновь после перемещения на другое место;
- наименьшее время возведения и при этом высокий комфорт.

Все эти факторы говорят о экономической рентабельности и целесообразности использования мобильных жилищных объектов по сравнению с капитальным жильем.

Таким образом, существование поселений с ограниченными сроками эксплуатации на постоянном месте в малоосвоенных районах предопределяет эффективность использования мобильных типов поселений, которые наиболее полно смогут удовлетворить специфическим требованиям организации труда, быта и отдыха людей.

В настоящее время широкое применение получили следующие типы мобильных объектов:

- **модульные (блок-контейнерные) объекты;**
- **пневмокаркасные модули;**
- **тентовые, пространственно-стержневые конструкции.**

Проанализируем каждый тип данной классификации в отдельности, рассмотрим и выделим основные достоинства этих технологий.

МОДУЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Модульное здание производится из типовых блок-модулей заводского изготовления блок-контейнеров, которые являются законченными объёмными конструктивными элементами полной готовности. Объёмно модульное здание контейнерного типа позволяет произвести строительство модульного здания за несколько дней, благодаря максимальной заводской готовности блок-контейнеров.

Блок-контейнеры обеспечиваются (комплекуются) унифицированными крепёжными и соединительными элементами, позволяющими стыковать их между собой в модульное здание, как в продольном, так и в поперечном направлении, а также устанавливать контейнеры в несколько этажей.

При проектировании конструкции блок-контейнера и производстве модульного здания обеспечивается возможность прокладки инженерных сетей модульного здания при стыковке блок-контейнеров: электрооборудования, теплоснабжения, водоснабжения, канализации, вентиляции и т.п.

Модульное здание мобильной сборно-разборной конструкции, позволяет при необходимости разобрать здание на отдельные элементы (блок-контейнеры), перевезти их на другое место и быстро собрать их в законченное, полнокомплектное модульное здание со всеми инженерными системами и оборудованием.

Такие модульные здания эксплуатируются от + 50° до - 50° С и могут применяться в большинстве климатических зон. На рис. 1 представлена подробная экспликация модульного здания.

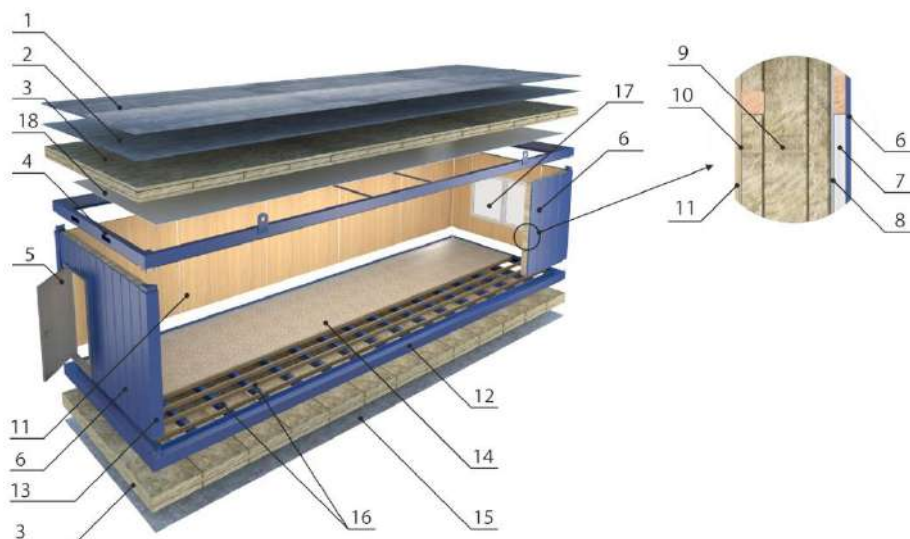


Рис. 1. Экспликация модульного здания. 1 - покрытие кровли; 2 - стальной лист 1,5 мм; 3 - потолок и пол минеральная вата; 4 - верхняя рама труба 120x80x4 мм; 5 - дверь; 6 - профлист С10; 7 - вентиляционный зазор; 8 - ветрозащитная мембрана; 9 - минеральная вата ПАРОК; 10 - пароизоляционная мембрана; 11 - стекломанитные листы; 12 - Нижняя рама; 13 - Угловая стойка; 14 - ЦСП 16 мм; 15 - оцинкованный лист; 16 - стальные лаги; 17 - Окно ПВХ; 18 - Обшивка потолка 8 мм

При объединении отдельных модулей друг с другом они представляют из себя модульный комплекс (рис. 2, 3).



Рис. 2. Объект Министерства обороны РФ в Арктике «Северный клевер»



Рис. 3. Схема административно-жилого комплекса «Северный клевер»

ПНЕВМОКАРКАСНЫЕ МОДУЛИ

Пневмокаркасные модули – это быстровозводимые надувные мобильные помещения из ПВХ для оперативного развёртывания и размещения на любой неподготовленной площадке в различных климатических условиях (рис. 4).



Рис. 4. Пневмокаркасный модуль

полностью герметичными. Температурный режим использования от -50 до $+70^{\circ}\text{C}$. Материал обладает повышенной эластичностью и износостойкостью, что позволяет изделию продлить срок его эксплуатации.

• Внутренний стеновой утеплитель изготовлен из 4-х слоёв теплосберегающих фольгированных материалов, создающих изотермический эффект в палатке. Во внутренней обшивке предусмотрены окна и рукава для ввода отопительного устройства.

Конструкция модуля

• Пневматический каркас арочного типа с продольными балками и нижней обвязкой, с отверстиями для надува и предохранительным клапаном. Благодаря арочной форме, каркас имеет наименьшее сопротивление к ветровым и снеговым нагрузкам. Время эксплуатации без подкачки, в среднем, трое суток, после чего допустимо снижение давления в каркасе на 10% (в зависимости от погодных условий).

• Внешний тент сделан из армированной ПВХ ткани. Швы тента сварены на высокоточном оборудовании горячим воздухом, что делает их

Преимущества и возможности мобильных укрытий на базе надувного каркаса:

- укрытие разворачивается и приводится в рабочее состояние - от 15 до 30 минут;
- в транспортном положении конструкция занимает минимум места и может перевозиться в комплекте одной единицей техники;
- тентовые боксы, мастерские и склады можно включить в состав мобильного технологического комплекса любого профиля;

Адаптивные свойства пневмокаркасного укрытия позволяют устанавливать его без фундаментов, подключать системы отопления и охлаждения воздуха. При работе оборудования обеспечивается необходимая вентиляция рабочего пространства.

ТЕНТОВЫЕ, ПРОСТРАНСТВЕННО-СТЕРЖНЕВЫЕ КОНСТРУКЦИИ

С точки зрения аэродинамики, энергоэкономичности и рациональности для северных территорий целесообразны здания в виде куполов, сфер или конусов, образованных вращением треугольника Рёлло, в основании которых располагаются фундаменты платформенного типа. В таких зданиях легче проходит циркуляция воздуха, сохраняется тепло и необходимый уровень влажности.

Вышеупомянутые технологии на сегодняшний день получили широкое распространение в туристической сфере. В настоящее время стало популярно такое понятие, как глэмпинг. Глэмпинг - это разновидность кемпинга, объединяющая комфорт с возможностью отдыха на природе. В России только появляется это направление туризма. В мире же подобные объекты успешно функционируют.

Эти сферические архитектурные сооружения состоят из металлокаркаса и архитектурной ПВХ ткани (рис. 5, 6). Благодаря своей сетчатой структуре конструкция распределяет нагрузку равномерно, позволяя использовать площадь купола максимально, без установки дополнительных опор. Данные мобильные объекты уже функционируют несколько лет, и показывают себя с наилучшей стороны.



Рис. 5. Глэмпинг. Кольский п-ов

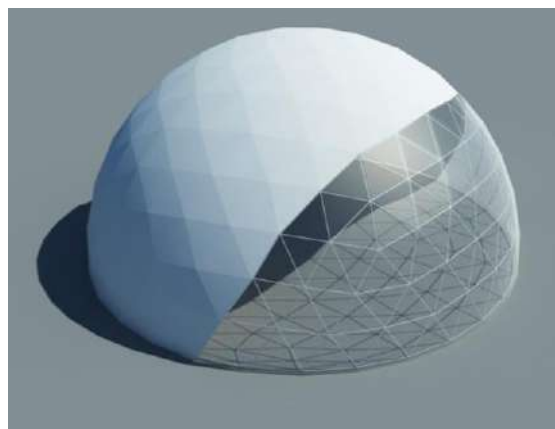


Рис. 6. Пространственно-стержневая конструкция

Преимущества конструкции:

- Не требуют разрешения на строительство;
- Купола могут объединяться в единый комплекс;
- Простота в сборке;
- Можно разобрать и установить в другом месте;

- Импортная архитектурная ПВХ ткань с сертификатами безопасности: не токсична, не горит, и рассчитана на температуру от -70 до $+50^{\circ}$;
- При транспортировке и хранении занимает меньше места, в сравнении с другими шатровыми конструкциями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Освоение и развитие Севера является одной из важнейших народно-хозяйственных задач, которая позволяет серьезно укрепить финансовое положение страны. К сожалению, для северных районов характерно общее удорожание строительства, которое вызвано суровыми природно-климатическими условиями и рядом других немаловажных причин. Все это обуславливает необходимость использования мобильных поселений с малыми сроками существования на одном месте. Такие мобильные жилые объекты обладают рядом преимуществ, которые говорят о экономической рентабельности и целесообразности их использования.

В статье были рассмотрены различные мобильные объекты в условиях Крайнего Севера, такие как модульные, пневмокаркасные и тентовые. В свою очередь тентовые конструкции активно применяются в туристической сфере, привлекая внимание людей своей уникальностью и необычностью форм. Это приводит к развитию туризма в северных регионах и влечет за собой процветание Севера в целом. А как ранее было сказано, развитие Севера открывает для страны большие перспективы в настоящем и особенно в будущем.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шерстюков Б.Г.* Климатические условия Арктики и новые подходы к прогнозу изменения климата // Арктика и север. 2016. № 24. С. 39–67.
2. *Есаулов Г.В.* Устойчивая архитектура — от принципов к стратегии развития // Вестник ТГАСУ. 2014. № 6. С. 9–23.
3. *Сапрыкина Н.А.* Формирование экоустойчивой среды обитания будущего. Теория. Практика. Перспективы. М. : Palmarium Academic Publishing, 2017. 225 с.
4. *Калеменева Е.А.* "Город под куполом": советские архитекторы и освоение Крайнего Севера в 1950-1960-е годы // Архитектура и строительство. – 2013. - № 7. – С. 93-108.
5. *Калеменева Е.А.* Северный климат как «враг» и как ресурс в советских урбанистических проектах арктических городов 1940-х гг. // Academia. Архитектура и строительство. – 2017. - № 6 (51). – С. 89-95.

АНАЛИЗ ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ В СОВРЕМЕННЫХ МЕГАПОЛИСАХ

И.Д. Ковалёв, Б.И. Гиясов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Мытищинский филиал

Аннотации

В нынешнее время технологии строительства достигли невероятных высот, и не только фигурально, но и буквально. Высотные здания уже давно являются частью инфраструктуры многих крупных городов, но проблемы при возведении и эксплуатации таких объектов растут так же быстро, как и их высота. В связи с чем, такое свойство, как теплоустойчивость начинает играть всё более важную роль. Целью данного исследования является – анализ теплоустойчивости высотных зданий в современных мегаполисах. В процессе будут разобраны факторы, влияющие на данный параметр, и то, как под их воздействием изменяется теплоустойчивость.

ВВЕДЕНИЕ

Может не многие из нас задумывались об этом, но мы можем наблюдать развитие и изменение окружающего нас мира в реальном времени. И любой человек, живущий в крупном городе, не мог, не заметить того факта, что от года к году, с каждым новым, жилым или общественным, зданием, средняя высота городских сооружений неумолимо растёт. Этот «феномен» далеко не уникален и наблюдается во всех развитых и развивающихся странах, в том числе и в России. Однако возведение подобных сооружений связано с определёнными, серьёзными проблемами, в их число входят: увеличение веса, передаваемого на фундамент, значительно возрастающая ветровая нагрузка, повышение теплопотерь, а вместе с ними и затрат ресурсов на поддержание комфортной температуры внутри здания и т.д. С последним неразрывно связан термин «теплоустойчивость», о нём, о том, что на него влияет и о его роли в современном высотном строительстве и пойдёт речь в данном исследовании.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В первую очередь будет рассмотрено влияние на теплоустойчивость ограждающих конструкций. Поскольку предстоит проводить анализ высотных зданий в современных мегаполисах, то и источником исследовательского материала станут существующие сооружения, а именно: «сталинская высотка», жилой дом на Котельнической набережной (1952г. 176м), гостиница «Аструс» (Центральный дом туриста) (1980г. 138,5м), и, одно из зданий делового центра «Москва-Сити», «Меркурий-Сити Тауэр» (2014г. 340,1м) (Рис.1, слева направо соответственно). Как можно заметить все три постройки были созданы в различные временные периоды, и, что куда более важно, у них различный состав наружных стен.

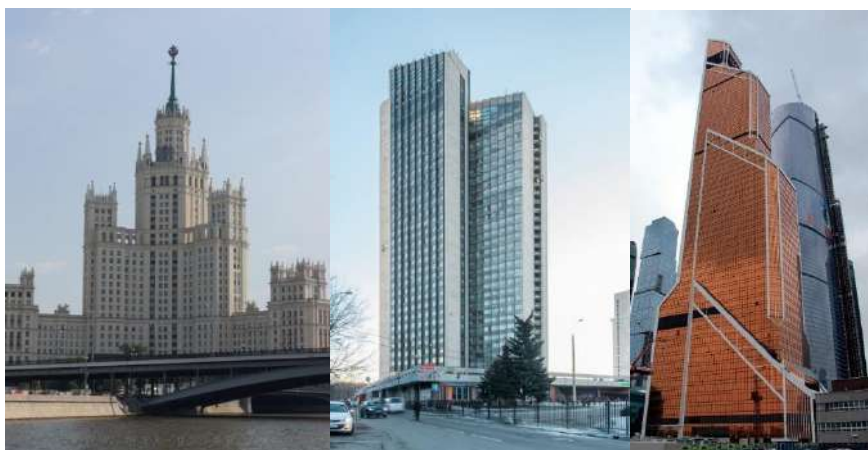


Рис. 1. Дом на Котельнической набережной, гостиница «Аструс», башня «Меркурий»

Все три рассматриваемых объекта являются местами временного и (или) постоянного пребывания человека и расположены в пределах одного города, следовательно, необходимая внутренняя температура и климатические условия являются примерно одинаковыми.

И первым на очереди будет дом на Котельнической набережной. Состав стен: 1) керамическая плитка (10мм), 2) железобетон (120мм), 3) кладка из облегчённого дырчатого кирпича (510мм) (Рис.2.).

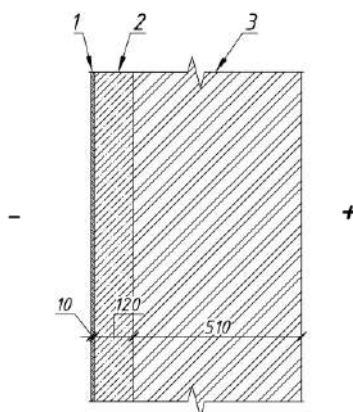


Рис. 2. Состав стены дома на Котельнической набережной

$$R_0^{np} = 3.41 \geq R_{tr} = 2.99, \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

$$A_t^{tr} = 2.25 \geq A_{t_n}^{расч} = 1.8, \text{ °C}$$

Далее гостиница «Аструс». Состав стен: керамическая плитка (10мм), трёхслойные стеновые панели (наружный слой 80мм, утеплитель из пенополистирола 120мм, внутренний слой 150мм) (Рис.3.).

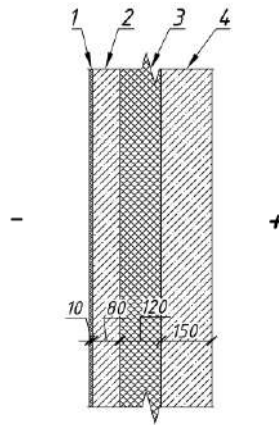


Рис. 3. Состав стены гостиницы «Аструс»

$$R_0^{\text{пр}} = 3.01 \geq R_{\text{тр}} = 2.99, \text{ м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

$$A_t^{\text{пр}} = 2.25 \geq A_{t_{\text{н}}}^{\text{расч}} = 0.78, \text{ } ^\circ\text{C}$$

И последним по списку, «Меркурий-Сити Тауэр». Состав стен: двухкамерные стеклопакеты с заполнением инертным газом (1) триплекс 12мм, 2) инертный газ 40мм, 3) закалённое стекло 8мм, 4) инертный газ 40мм, 5) закалённое стекло 8мм) (Рис.4.).

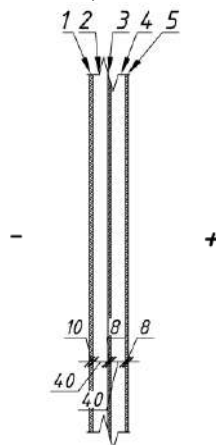


Рис. 4. Состав стены «Меркурий-Сити Тауэр»

$$R_0^{\text{пр}} = 3.85 \geq R_{\text{тр}} = 2.99, \text{ м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

$$A_t^{\text{пр}} = 2.25 \geq A_{t_{\text{н}}}^{\text{расч}} = 0.55, \text{ } ^\circ\text{C}$$

Как можно заметить в зависимости от используемых материалов и технологий изготовления ограждающих конструкций, можно в значительной степени влиять на показатель теплоустойчивости.

Так же немало важным фактором является форма здания, и его архитектурное оформление, поскольку большое количество углов и выступов может негативно повлиять на теплоустойчивость.

Простой пример, возьмём две элементарных формы здания, параллелепипед и цилиндр, и сравним (Рис.5).

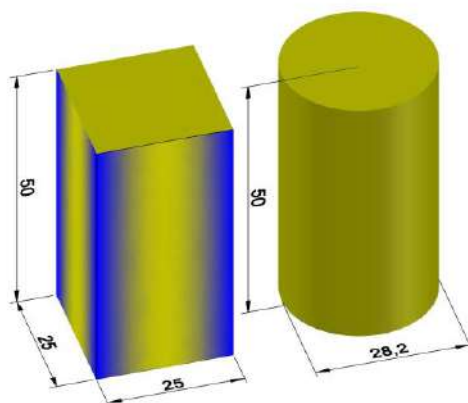


Рис. 5. Сравнение геометрических характеристик параллелепипеда и цилиндра

В итоге в случае с цилиндром мы получаем то, что у всех помещений отношение площади наружных стен к объёму внутреннего пространства примерно одинаковое, а следовательно одинаковая теплоустойчивость, в то время, как у параллелепипеда образуются угловые комнаты, у которых две стены являются наружными, как следствие в таких помещениях влияние наружных условий больше, а теплоустойчивость меньше.

Это же справедливо и в отношении архитектурного оформления здания, чем меньше площадь контакта с внешней поверхностью, тем ниже теплопотери, и тем выше теплоустойчивость.

В ходе высотного строительства не стоит забывать, что по мере увеличения высоты увеличивается и скорость ветра, а температура наружного воздуха снижается, как следствие, повышаются теплопотери.

В качестве примера рассмотрим башню «Эволюция», являющейся частью делового комплекса «Москва-Сити».

На Рис.6 представлены зависимости температуры наружного воздуха от высоты для холодного и тёплого периодов соответственно.

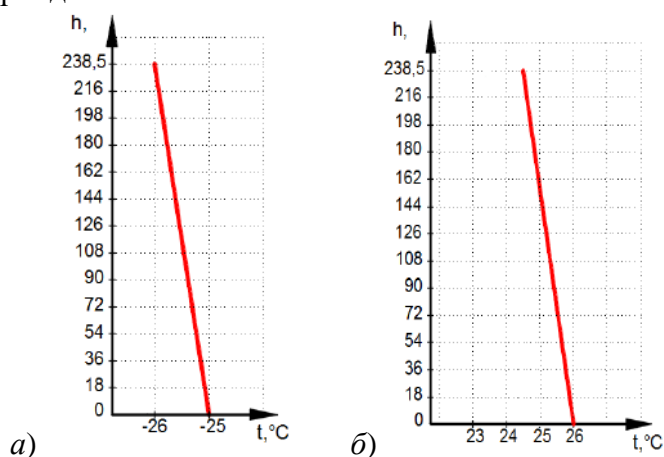


Рис. 6. Зависимость температуры наружного воздуха от высоты для башни «Эволюция»: а) – для холодного периода, б) – для тёплого периода

Так же для башни «Эволюция», по степенному закону изменения скорости ветра по высоте, определены значения скорости ветра на разных высотных отметках (Рис.7.).

$$V_h = V_0 \cdot (h / h_0)^a, \text{ м/с}$$

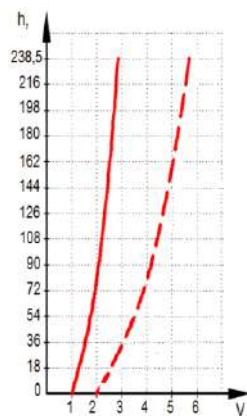


Рис. 7. Изменение скорости ветра в зависимости от высоты для башни «Эволюция»

Теплопотери через наружные стены для помещений башни «Эволюция» определяются путём суммирования потерь тепла через каждое наружное ограждение, с учётом функционального назначения.

$$Q_{т.п.и} = k_i \cdot F_i \cdot (t_b - t_n^x) \cdot n_i \cdot (1 + \sum \beta_i), \text{ кВт}$$

В итоге получаем график теплопотерь для помещений, расположенных на разных этажах (Рис.8.).

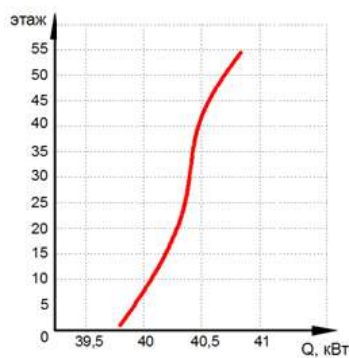


Рис. 8. Теплопотери помещений на разных этажах башни «Эволюция»

Как можно заметить увеличение высоты влияет на величину теплового потока, проходящего через наружные ограждения, и тем самым увеличивает количество теплопотерь, а увеличенная скорость ветра способствует уменьшению сопротивления теплопередаче, что в свою очередь способствует снижению теплоустойчивости, как отдельно взятых стен, так и всего здания в целом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Основным фактором, влияющим на показатель теплоустойчивости, является выбор ограждающей конструкции, при грамотном подходе к этому вопросу можно не только сделать конструкцию достаточно лёгкой, чтобы монтировать их на больших высотах, но и добиться комфортной атмосферы внутри здания.

2. Любые архитектурные излишества высотным сооружениям противопоказаны, так как не только усложняют конструкцию здания и создают дополнительные проблемы, связанные с движением воздушных масс, но и ухудшают теплоустойчивость.

3. По мере увеличения высоты значительно ухудшаются наружные условия и увеличиваются теплотери здания, что вынуждает проводить дополнительные мероприятия по улучшению теплоустойчивости.

Как видно из данного исследования, теплоустойчивость представляет собой проблему, с которой нельзя не считаться. И в случае с высотным строительством, и этажность, и форма, и ограждающие конструкции здания влияют на показатель теплоустойчивости. Однако, это не мешает современной строительной отрасли делать из года в год здания всё выше и выше, при этом совершенствуя не только свою техническую часть, но и эстетический вид.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 267.1325800.2016 «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования»
2. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий.»
3. СП 131.13330.2018 «Строительная климатология»
4. *Гиясова И.В.* «Пути повышения энергоэффективности современных зданий городского типа» Инженерный вестник Дона, № 3
5. *Колубков А.Н.* «Высотные жилые комплексы» / А. Н. Колубков // АВОК – 2005. – № 4
6. *Табунчиков Ю.А., Шилкин Н.В.* «Аэродинамика высотных зданий» // АВОК. – 2004. – № 8
7. "Воздействие ветра на здания и сооружения" / Симиу Э., Сканлан Р.; Перевод с английского Маслова Б. Е., Швецовой А. В.; под редакцией канд. техн. наук Маслова Б. Е. - Москва: Стройиздат, 1984. - 360 с., ил.- Перевод изд.: Wind Effects on Structures / E. Simiu, R. Scanlan (1978), с.95-101.
8. *Малявина Е.Г.* Расчет воздушного режима многоэтажных зданий с различной температурой воздуха в помещениях [Текст] / Е.Г.Малявина, С.В.Бирюков // АВОК, № 2. 2008.

ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ ПЛАСТИЧНОСТИ ДРУКЕРА-ПРАГЕРА

К.А. Папикян, А.В. Алексейцев

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

В данной работе была проведена оценка предельной нагруженности железобетонной балки на основании результатов численного моделирования с использованием модели материала Друкера-Прагера, реализованного в программном комплексе Femap с решателем NX Nastran. Было обосновано применение данной модели пластичности посредством сопоставления с результатами СП63.13330.2018. Результаты сопоставления подтвердили корректность численного решения, что позволяет применять данную модель пластичности для решений исследуемого класса задач.

Предмет исследования: предельное нагружение железобетонной балки.

Цели: оценка предельной несущей способности железобетонных балок при статическом нагружении, а также проверка возможности использования классической модели Друкера-Прагера для численного моделирования исследуемого класса задач.

Материалы и методы: исследование проведено на основании численного моделирования в программном комплексе Femap с NX Nastran, используя классическую модель Друкера-Прагера для описания поведения бетона и критерий текучести Мизеса — для арматуры. Для сопоставления результатов исследования произведены расчёты предельной нагрузки железобетонной балки в соответствии с СП63.13330.2018, а также утилиты SCAD АРБАТ.

Результаты: по результатам численного моделирования с использованием модели Друкера-Прагера были получены предельные нагрузки для железобетонной балки, которые хорошо согласуются с произведённым ручным расчетом в соответствии с СП63.13330.2018.

Выводы: подтверждается возможность моделирования НДС железобетонных конструкций в NX Nastran с использованием классической модели Друкера-Прагера для описания поведения бетона и критерием текучести Мизеса — для арматуры.

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование железобетонных конструкций для анализа НДС с использованием различных математических моделей является актуальным, при этом представляют интерес вопросы, связанные с учетом нелинейной работы бетона и арматуры. Моделирование поведения железобетона при численном анализе конструкций с помощью МКЭ имеет свои особенности. В ряде случаев для верификации расчётного аппарата требуются экспериментальные данные, получение которых оказывается затруднительным. Задача качественной и количественной оценки компонентов НДС для железобетонных конструкций в предельном состоянии является важной и, несмотря на то, что возникла давно, на данный момент она не является окончательно решенной, исследования в этой области продолжаются.

При проведении расчётов важно знать не только предельные усилия, но и корректное описание характера деформирования элемента под нагрузкой. Предлагается реализовать это в численной постановке с применением программного обеспечения, включавшего пре/постпроцессор Siemens Femap с решателем NX Nastran. Для описания предельного состояния арматуры и бетона используем модели, основанные на классических критериях текучести Мизеса и Друкера-Прагера соответственно.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Расчёт предельной нагрузки производится в соответствии с СП63.13330.2018. Для описания классической модели Друкера-Прагера была использована техническая литература NX Nastran и Femap. Для определения вводимых в программный комплекс параметров модели были рассмотрены: публикация Guray A., Melih H. «Nonlinear analysis of RC columns using the Drucker-Prager model» для определения значения угла внутреннего трения бетона; справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений А.А. Уманского для рассмотрения вопроса сцепления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для анализа поведения бетона была выбрана модель Друкера-Прагера. Она представляет собой сглаженную форму модели Мора-Кулона. Поверхность текучести Друкера-Прагера представлена на рис. 1. Она строится в пространстве главных напряжений и представляет собой конус с вершиной в области гидростатического растяжения.

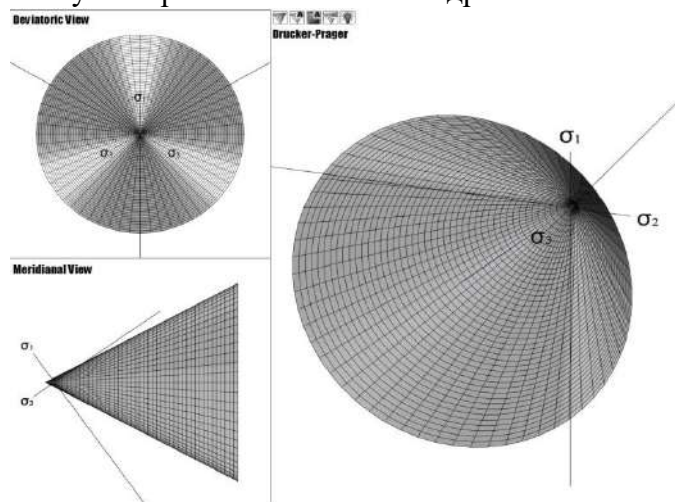


Рис. 1. Поверхность текучести Друкера-Прагера

Уравнение поверхности текучести имеет вид [1, 2]:

$$\sqrt{J_2} + a \cdot I_1 - k = 0,$$

где J_2 — второй инвариант девиаторной части тензора напряжений;

I_1 — первый инвариант тензора напряжений;

a и k — постоянные материала, которые определяются экспериментально:

$$a = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{\sin \varphi}{(3 \pm \sin \varphi)}, k = \frac{6c \cos \varphi}{\sqrt{3}(3 \pm \sin \varphi)},$$

где c — удельное сцепление;

φ — угол внутреннего трения.

Можно представить форму поверхности текучести уравнением:

$$\sqrt{J_2} + \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{\sin \varphi}{(3 \pm \sin \varphi)} I_1 - \frac{6c \cos \varphi}{\sqrt{3}(3 \pm \sin \varphi)} = 0.$$

В качестве объекта исследования выбрана железобетонная консольная балка, геометрические характеристики и схема нагружения которой представлены на рис. 2.

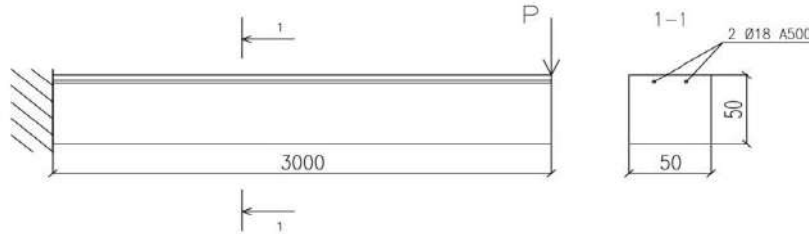


Рис. 2. Геометрическая модель ж/б балки, схема нагружения

Поперечное сечение балки: 50×50 см, её длина: $l = 3$ м. В балке используются 2 стержня арматуры диаметром 18 мм класса А500. Численные эксперименты проводятся для бетонов классов: В25, В30, В40.

Расчёт предельной нагрузки производится по формуле СП 63.13330.2018:

$$M_{ult} = R_b b x (h_0 - 0,5x),$$

$$P_{пред} = M_{ult} / l,$$

где $x = \frac{R_s A_s}{R_b b}$ — высота сжатой зоны; M_{ult} — предельный изгибающий момент;

$R_s = 435$ МПа, $A_s(2\varnothing 18) = 5,09$ см² — сопротивление арматуры А500 растяжению и её площадь сечения. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты расчёта сжатой зоны, предельных моментов и сил, проверочные значения для предельного момента в SCAD АРБАТ

	x , см	M_{ult} , кНсм	P_{ult} , кН	M_{ult} (SCAD)	
В25	3,054	9625,57	32,09	9843,56	
В30	2,605	9675,72	32,25	9943,47	
В40	2,0129	9741	32,47	10083,85	

Также была проведена проверка ручного счёта в программе SCAD «АРБАТ». Результаты решения представлены на рис. 3. Значения для предельного момента, полученные с помощью программы, выделены в табл. 1 и отличаются от ручного расчёта на 2-3 %.

Проверка	Коэффициент	Коэффициент	Коэффициент
Прочность по предельному моменту	п. 7.1.12	0,978	0,973
Деформации в сжатом бетоне	п.п. 8.1.20-8.1.30	0,357	0,304
Деформации в растянутой арматуре	п.п. 8.1.20-8.1.30	0,227	0,193
Ширина раскрытия трещин	п.п. 8.2.15, 8.2.16, 8.2.6	1,401	1,376
Ширина раскрытия трещин (длительная)	п.п. 8.2.6, 8.2.15, 8.2.16	1,867	1,834
Прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями	п.п. 8.1.32, 8.1.34	0,036	0,03
Прочность по наклонному сечению	п.п. 8.1.33, 8.1.34	0,109	0,106

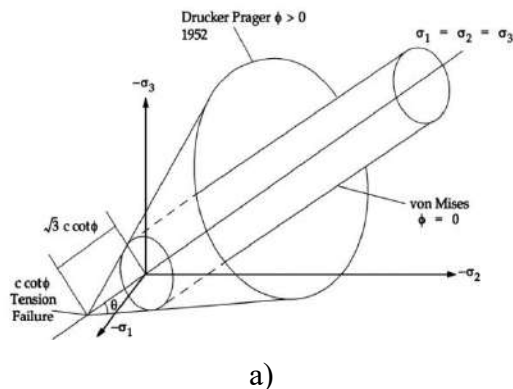
а)

б)

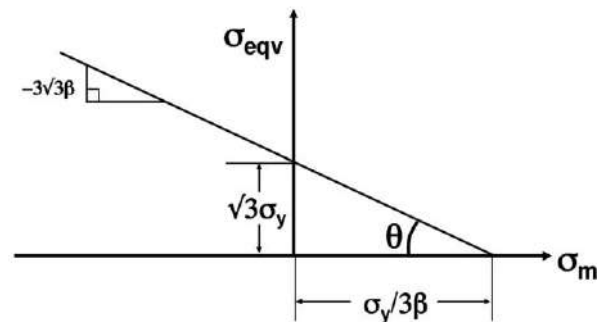
в)

Рис. 3. Результаты расчета в программном комплексе SCAD «АРБАТ» для бетона классов: а) В25; б) В30; в) В40

Для расчета предельной нагрузки выбранных моделей в Femap NX Nastran используется два параметра: сцепление (cohesion) и угол внутреннего трения (friction angle) (рис. 4, а). Сцепление — это значение, при котором пересекается ось y с пределом текучести при нулевом гидростатическом давлении (рис. 4, б).



а)



б)

Рис. 4. а) Изотропные поверхности текучести Друкера-Прагера с потенциалом пластичности Мизеса [3]; б) меридиональная поверхность текучести Друкера-Прагера [4]

Сцепление можно рассчитать по формуле [4]:

$$c = \frac{\sigma_y (3 - \sin \varphi)}{6 \cos \varphi},$$

где σ_y — предел текучести, который в данной задаче принимается как R_{bt} (предел прочности на растяжение). В табл. 2 представлены результаты расчёта сцепления для исследуемых классов бетона и различных углов внутреннего трения [3].

Таблица 2. Результаты расчета сцепления 2^*C для бетона классов В25, В30, В40

R_{bt} , МПа	2^*C	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°
1,05	В25	1,010	1,015	1,020	1,025	1,030	1,037	1,044	1,051
1,15	В30	1,107	1,111	1,117	1,122	1,129	1,135	1,143	1,151
1,4	В40	1,347	1,353	1,359	1,366	1,374	1,382	1,391	1,401

При моделировании балки в NX Nastran параметры s и ϕ подбирались, опираясь на рекомендации научной литературы [1, 5] в соответствии с классами бетона. Для моделирования поведения арматуры используется критерий прочности Мизеса [6]. Также при моделировании использовались объемные гексаэдрические конечные элементы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По результатам численного моделирования в Femap с NX Nastran с использованием классической модели Друкера-Прагера, представленным в табл. 3, видно, что значения предельной нагрузки несущественно отличаются от данных ручного расчёта, который дает небольшой запас по несущей способности.

Таблица 3. Результаты численного моделирования в Femap с NX Nastran

Класс бетона	2*С, МПа	ϕ , град.	Напряжения в арматуре, МПа	P_{ult} , кН
B25	1,25	33	435	32,5
B30	1,33	34	422	35,3
B40	1,68	35	335	36,2

На рис. 5 представлены напряженные состояния бетона и арматуры. Модель достаточно хорошо описывает деформирование образца с несущественными отличиями. Отметим, что высота сжатой зоны для бетона B25 приблизительно совпадает с ручным расчётом.

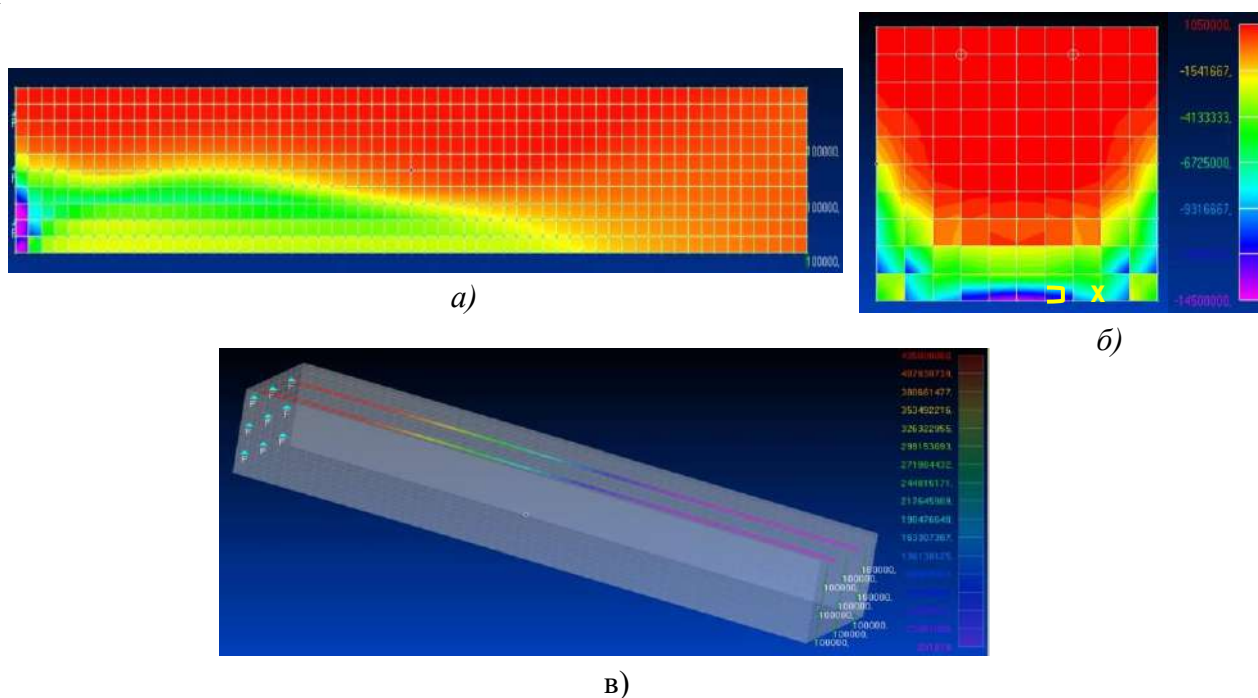


Рис. 5. Сжимающие напряжения в бетоне B25: а) по длине балки; б) по высоте сечения у заделки; в) напряженное состояние арматуры А500

ВЫВОД

Подтверждена возможность использования численного моделирования НДС железобетонных конструкций в NX Nastran на основе МКЭ, при котором бетон моделируется объемными гексаэдрическими элементами, работающими в соответствии с моделью пластичности Друкера-Прагера, а арматура – пространственными стержнями, деформации которых описаны моделью идеального упругопластического тела с использованием критерия текучести Мизеса.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Guray A., Melih H.* Nonlinear analysis of RC columns using the Drucker-Prager model // Journal of Civil Engineering and Management. 2013. 19:1. С. 69—77.
2. *Бородин А.А., Попов А.Н., Масалыкин А.Н.* Численное моделирование напряженно-деформированного состояния многослойного аэродромного покрытия // Журнал СФУ. Техника и технологии. 2016. №8. С. 1254—1266.
3. Basic Nonlinear Analysis User's Guide // Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. 2016. С. 3-10—3-14. Режим доступа: <https://docs.plm.automation.siemens.com/tdoc/nxnastran/11/help/#uid:index>. Дата обращения: 17.02.21.
4. *Итаока S.* Sheldon's ANSYS.NET Tips and Tricks: Drucker-Prager Model // STI:08/02. 2008.
5. *Уманский А.А.* Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений // Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, Москва. 1960. Вып. 1. С. 856.
6. *Антонов М.Д., Алексейцев А.В.* Анализ предельной несущей способности железобетонных балок в Femap Nastran // В сборнике: Строительство и застройка: жизненный цикл - 2020. Материалы V Международной конференции, Чебоксары. 2020. С. 77-83.
7. *Рудаков К.Н.* FEMAP 10.2.0. Геометрическое и конечно-элементное моделирование конструкций // НТУУ «КПИ», Киев. 2011. С. 242—243.
8. NX Nastran. Handbook of Nonlinear Analysis (Solutions 106 and 129) // Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. 2016. С. 6.2-5—6.2-9. Режим доступа: <https://docs.plm.automation.siemens.com/tdoc/nxnastran/11/help/#uid:index>. Дата обращения: 17.02.21.
9. *Budarin A., Alekhin V., Avdonina L.* Numerical modelling of the reinforced concrete beam shear failure // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 687, issue 3.
10. *Бударин А.М., Плетнев М.В., Алехин В.Н.* Численное моделирование изгибаемых железобетонных элементов с использованием критерия прочности Друкера — Прагера // Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РАСН. 2018. Вып. 38. С. 74—77.
11. *Черник В.И., Самарина С.Э.* Численная модель сжатого бетонного элемента, усиленного углекомпозитной облойкой // Журнал «Строительство и реконструкция». 2020. Вып. 1 (87). С. 40—53.
12. *Александров А.С.* Развитие теоретических положений комплексного расчета дорожных конструкций по сопротивлению сдвига и пластическому деформированию // Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», Омск. 2017.
13. *Бударин А.М., Плетнев М.В., Алехин В.Н.* Численное моделирование изгибаемых железобетонных элементов с использованием критерия прочности Друкера — Прагера // Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РАСН. 2018. Вып. 38. С. 74—77.

Секция 4. ENGINEERING AND SMART SYSTEMS IN CONSTRUCTION

ИНЖИНИРИНГОВАЯ СХЕМА ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В.А. Екимовская, С.Б. Сборщиков

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Мытищинский филиал

Аннотация

Предмет исследования: проблемой современного строительства является большое разнообразие участников строительства, которые мало связаны друг с другом. В связи с этим теряется заинтересованность компаний в создании качественного конечного продукта, так как они не обязуются отвечать за него на протяжении всего времени эксплуатации здания или сооружения. Использование контрактов жизненного цикла является эффективной формой организации строительства. Это достигается за счет совместных усилий всех участников. Инжиниринговая схема управления предполагает одного организатора строительства на всех этапах жизненного цикла, начиная с проекта, заканчивая сносом здания. Цель данной работы заключается в рассмотрении данной схемы, выявление положительных и отрицательных сторон, а так же возможность использования КЖЦ в современных реалиях РФ.

ВВЕДЕНИЕ

В современном строительстве большинство субподрядчиков не заинтересованы в качественном выполнении своей работы, так как ответственность за ремонт и эксплуатацию будет передана другому физическому или юридическому лицу. Для решения этой проблемы необходимо, чтобы компания, предоставляющая товар, давала гарантию, а так же отремонтировала его за бюджет, который посчитан заранее. Это легко в основу договора инжиниринговой схемы управления в перспективе жизненного цикла здания. Инжиниринговая компания занимается не только курированием объекта, а так же заинтересована во внедрении новых методов и материалов в строительство, поэтому часто в инжиниринговой компании существует научный отдел.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Одно из последних исследований было проведено Шинкаревой Г.Н., в своих работах [1,2] она описывает важность использования инжиниринговой схемы управления строительством. Наблюдается тенденция заимствования зарубежного опыта в данной области в российской экономике. Ведение проекта от начала его разработки до возведения одной компанией стало применяться для долгосрочного периода [3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Жизненный цикл объекта - это период с момента проектирования здания, до его сноса. За это время происходит несколько важных этапов: проектирование, строительство

эксплуатация и ремонт. На сегодняшний день этими этапами занимаются разные компании, что является удобным, так как компания может специализироваться на узкой специальности, что противоречит инжиниринговой схеме в перспективе жизненного цикла объекта. Компания может взять на себя обязанности проектирования и строительства, что уже является прогрессом для строительства.

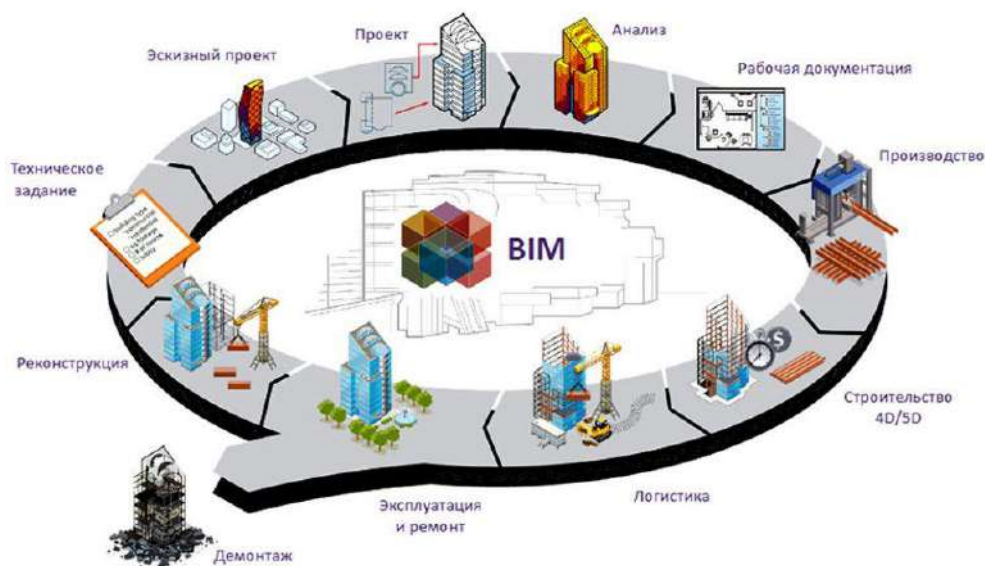


Рис. 1. Схема жизненного цикла здания

Контракты жизненного цикла были включены в законодательство в 2013 году. Из ФЗ №44 «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд (с изменениями на 24 февраля 2021 года)» можем понять, что данный контракт обязывает поставщика товара предоставлять услуги по сохранению внешнего вида, а так же исправности данного товара. С каждым годом расширяется сфера использования данного контракта. В основном это: транспорт, линейное строительство (прокладка труб, дороги), различное оборудование (например: медицинская техника), а так же включено строительство зданий и сооружений.

Использование инжиниринговой схемы управления на основе контрактов жизненного цикла позволяет решать многие проблемы:

1. Сокращение сроков проектирования и строительства. Это достигается за счет быстрой корректировки различных проблем, например, связанных с поставкой товара.
2. Повышение качества предлагаемой продукции. Поставщику выгодно производить качественный продукт, так как на нём лежит ответственность за сохранение функционального назначения, а так же внешнего вида своего продукта в течение всего срока эксплуатации.
3. Фиксированная стоимость строительства. Для создания контракта в начале прописывается итоговая стоимость услуги, что позволяет рассчитать свой бюджет, а так же не выходить за его рамки. Стоимость выплачивается постепенно, что так же удобно для заказчика.

Для поставщика данный вид договора так же выгоден, так как он получает долгосрочное финансирование (обычно данный договор заключается до 15 лет).

Данная схема имеет так же и недостатки:

1. Невозможно закрепить единую стоимость даже на 5 лет, так как обстановка в политике и экономике РФ меняется чаще. Среднее время проектирования и строительства здания 3-5 лет, а так же эксплуатация 50-100 лет (в зависимости от назначения здания).
2. Нехватка нормативной базы в федеральном законе.
3. Для строительства объекта по данной схеме компания, предоставляющая услуги должна иметь большой спектр услуг, чтобы удовлетворять требованиям (проектирование, строительство, ремонт здания).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Несмотря на существенные недостатки, примеры применения контрактов уже существуют. В основном заказчиком является государство. Например, в 2013 году по данному контракту были закуплены электропоезда и электробусы на условиях обеспечения полной исправности подвижного состава и соблюдения его внешнего вида сроком на 15 лет. Тем самым заказчик снизил свои расходы на подвижной состав на 15%, а поставщик (предприятие ОАО «Метровагонмаш») получил долгосрочное финансирование на 15 лет. Данные контракты еще не закончили своё действие на сегодняшний день, поэтому о результатах договора можно только предполагать. Договор жизненного цикла так же хорошо работает в сфере линейного строительства, а именно дорог.

В 2020 году был заключен договор по контракту жизненного цикла на строительство дороги в Нижневартовске. К 2024 году 70% всех дорог планируют перевести на обслуживание по контрактам жизненного цикла.

Лучше всего договор в РФ реализует город Сургут. На его территории реализуется несколько проектов по контрактам жизненного цикла, в основном это линейное строительство, в особенности дороги.

ВЫВОДЫ

Идея инжиниринговой схемы управления в перспективе контрактов жизненного цикла очень эффективна, но в РФ применение её полноценно пока что не представляется возможным, нет нормативной базы, а также разнообразие компаний, у которых есть весь спектр обязательных услуг, от строительства до ремонта. Но данный контракт уже нашёл применение в поставке товара, в особенности транспорта, медицинского оборудования, а также в строительстве дорог.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шинкарева Г.Н.* Модель инжиниринговой схемы организации строительства в перспективе жизненного цикла объектов // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 9 (120). С. 1090–1105. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.9.1090-1105
2. *Шинкарева Г.Н., Маслова Л.А.* Контракты жизненного цикла — новый формат взаимодействия государства, инжиниринговых компаний и бизнеса // Научное обозрение. 2016. № 18. С. 222–227.
3. *Гинзбург А.В.* Информационная модель жизненного цикла строительного объекта // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 9. С. 61–65.
4. *Сборщиков С.Б., Шинкарева Г.Н.* Развитие инжиниринга как фактора интенсификации инвестиционно-строительной деятельности // Научное обозрение. 2016. № 13. С. 13–17.
5. *Малахов В.И.* Контрактное моделирование инвестиционно-строительных проектов. URL: https://www.cfin.ru/itm/bpr/project_lifecycle_process.shtml.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ТОЧНОСТЬ ВОССТАНАВЛИВАЕМОЙ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Е.М. Железнов, П.Ю. Воробьев

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Сегодня большой интерес у профессионального сообщества вызывает возможность создания цифровых двойников различных объектов. Фотограмметрия - одна из наиболее перспективных научно-технических дисциплин нашего времени, её методы активно развиваются, а область применения растет. Задача фотограмметрии заключается в получении набора фотоизображений исследуемого объекта для восстановления положения множества его точек в пространстве - построения виртуальной модели. Однако на сегодняшний день существует явный недостаток фундаментальных исследований в области точности получаемых моделей. Знания о том, какие факторы съемки и обработки снимков способствуют качественному повышению точности получаемых данных, открывают широкие возможности для всестороннего развития методов фотограмметрии и их широкого применения. Именно поэтому коллектив авторов данного исследования поставил своей целью определение влияющих факторов на точность восстанавливаемой фотограмметрической модели. В рамках исследования были проведены эксперименты, в ходе анализа результатов которых был выявлен ряд закономерных изменений в получаемой модели при варьировании параметров съемки. Была организована съемка специально подготовленного объекта, по результатам которой были воссозданы несколько виртуальных копий. По итогам анализа полученных данных была показана и определена зависимость точности восстанавливаемой фотограмметрической модели от параметров съемки. Результаты исследования могут быть использованы для разработки методик определения параметров съемки для последующей фотограмметрической обработки и качественного улучшения получаемых моделей.

ВВЕДЕНИЕ

Фотограмметрические методы позволяют восстановить по снимкам исследуемого объекта положение в пространстве множества его характерных точек на поверхности, что в свою очередь может быть использовано для того, чтобы определить его форму, размеры, площадь, объём, положение в пространстве в заданной системе координат. Развитие технологий создания цифровых геометрических копий может найти широкое применение во всех сферах деятельности человека, в особенности - в строительной отрасли. В НИИ Строительных материалов и технологий НИУ МГСУ рассматривается возможность создания цифровых геометрических моделей образцов строительных материалов и последующей их передачи заказчику для анализа геометрических параметров. Кроме того, это может послужить основой для создания базы цифровых моделей образцов после испытаний на сжатие для определения особенностей разрушения при использовании заполнителей и армирующих волокон различной формы. Это позволит значительно сократить затраты на физическую передачу и проверку опытных образцов, а также систематизировать получаемые

результаты. Для реализации такого принципа работы необходимо найти самые точные методы воссоздания фотограмметрических моделей, чтобы конечный результат полностью удовлетворял требованиям заказчика, а свойства цифровой копии позволяли полностью заменить ею физический образец для удаленного анализа.

На настоящий момент фотограмметрические методы не получили развития в данной отрасли, потому существует ощутимый недостаток фундаментальных исследований в области зависимости точности модели от параметров съемки, что является ключевым условием успешного применения технологии. Именно поэтому целью данного исследования является определение влияющих факторов на точность восстанавливаемой фотограмметрической модели.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рамках исследования мы провели опытный эксперимент, в ходе которого выявили ряд закономерных изменений в получаемой модели при варьировании параметров съемки. Была организована серия съемок специально подготовленного объекта и воссоздание нескольких его виртуальных копий в программном комплексе Agisoft Metashape. По итогам анализа полученных данных была показана и определена зависимость точности восстанавливаемой фотограмметрической модели от параметров съемки.

В качестве объекта для съемки был подготовлен опытный образец, представляющий собой пластиковый параллелепипед с различными вариантами текстурирования и масштабными линейками на каждой из сторон. Мы использовали такое решение для исключения возможных ошибок алгоритма при восстановлении модели, поскольку две стороны объекта со схожими визуальными данными могли быть ошибочно приняты программой за одну и ту же грань. Изображение объекта для съемки представлено на рисунке 1:



Рис. 1. Объект для съемки на специально подготовленной платформе

Предварительно мы подготовили экспериментальную установку, состоящую из поворотной платформы, двух источников света и профессиональной цифровой фотокамеры

на штативе. Были выделены следующие варьируемые факторы при съемке:

- 1) Угол поворота камеры между двумя соседними снимками;
- 2) Значение диафрагмы (апертуры);
- 3) Значение светочувствительности матрицы (ISO);

Съемка проходила в несколько этапов, каждому из которых предшествовало изменение каждого из параметров. В ходе первого этапа мы сделали 5 серий снимков объекта, при показателях угла поворота камеры в 5, 10, 15, 20 и 30 градусов соответственно. Величина угла поворота влияет на количество сделанных снимков, по которым алгоритм восстанавливает виртуальную модель. Вторым этапом заключался в изменении значения диафрагмы. Этот показатель характеризует количество получаемого матрицей света. В качестве базового угла поворота было выбрано значение в 10 градусов – по 36 фотографий за одну серию снимков. Всего было сделано 7 серий фотографий при варьировании значений апертуры от F2.8 до F11. С изменением значения диафрагмы мы меняли выдержку камеры, чтобы избежать влияния отличий в яркости снимаемого объекта. После проведения всех необходимых этапов съемки, было воссоздано несколько виртуальных моделей объекта по каждой серии снимков. Изображение одной из восстановленных моделей представлено на рисунке 2:



Рис. 2. Восстановленная фотограмметрическая модель объекта

Процесс воссоздания фотограмметрической модели проходил в несколько этапов. В ходе первого этапа мы обработали полученные снимки и получили облако точек – набор координат точек в трехмерной системе координат. Следующим шагом была восстановлена полигональная модель. Завершающим этапом стал процесс текстурирования – восстановление визуальных свойств объекта.

После восстановления моделей мы приступили к проведению измерений. По цифровой карте высот для каждого случая были получены значения характерной длины и характерного объема объекта. Методика исследования заключалась в определении длины кривой между

точками 6 и 8 (рис. 3) с учетом рельефа между ними. Также был рассчитан объем модели в пределах прямоугольного полигона, представленного на рисунке 3:

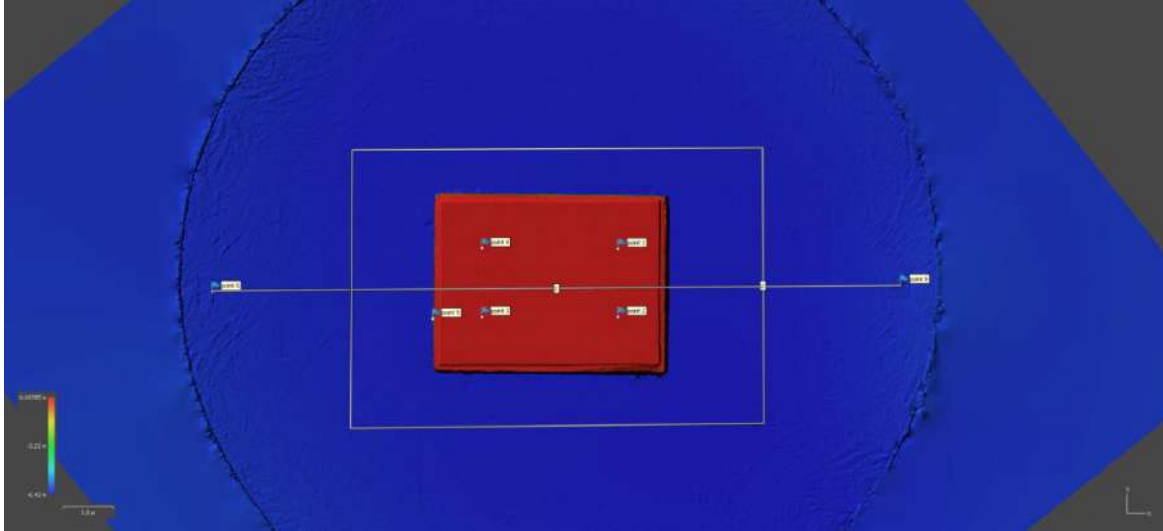


Рис. 3. Цифровая карта высот образца в проекции сверху

На рисунке 4 изображен профиль высот для кривой в одном из случаев расчета:

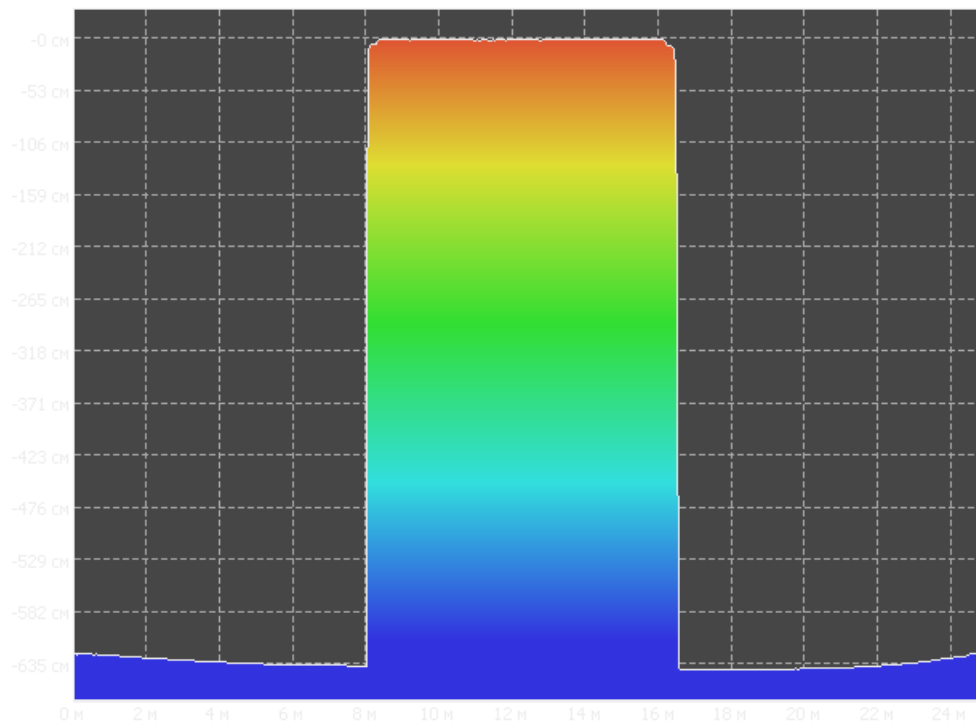


Рис. 4. Профиль высот для кривой на одном из случаев расчета

Полученные результаты были занесены в Microsoft Excel. Следующие графики были использованы для подведения результатов исследования.

Первый график отражает влияние угла поворота камеры между двумя соседними снимками на точность восстанавливаемой модели:

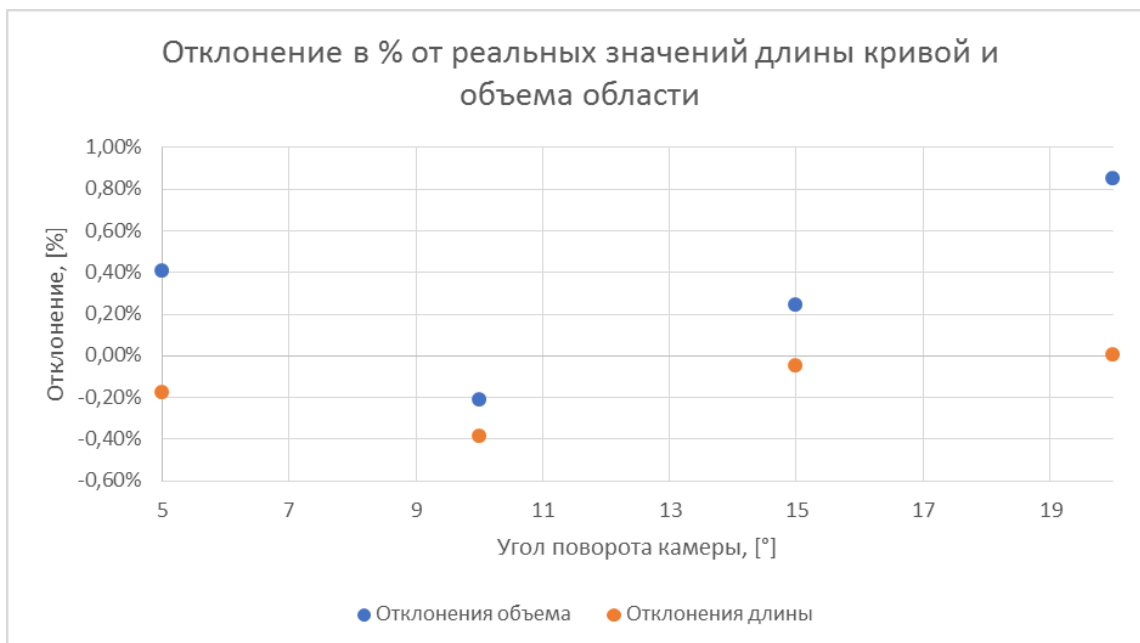


Рис. 5. График влияния угла поворота камеры

На основе полученных данных были сделаны следующие выводы:

- Погрешность измерений для длины кривой и объема во всех случаях менее 1%;
- При угле поворота камеры 30° модель не была восстановлена.

Таким образом, прямая зависимость точности фотограмметрической модели от количества снимков не выявлена. Исходя из полученных данных, рекомендуемый максимальный градус поворота камеры, при котором модель будет восстановлена, составляет 20 градусов.

Второй график показывает влияние значения диафрагмы и изображен на рисунке 6. Результаты анализа значений при изменении значений диафрагмы следующие:

- Использование «открытых диафрагм» значительно влияет на точность восстанавливаемой модели;
- Значения диафрагм от 6 и выше позволяют значительно снизить погрешность вычислений положений характерных точек объекта в пространстве.

Из полученных значений следует, что наибольшей точности восстанавливаемой модели можно достигнуть при использовании «закрытых» диафрагм, ограничивающих количество получаемого на матрицу света и расширяющих зону резкости на снимке.

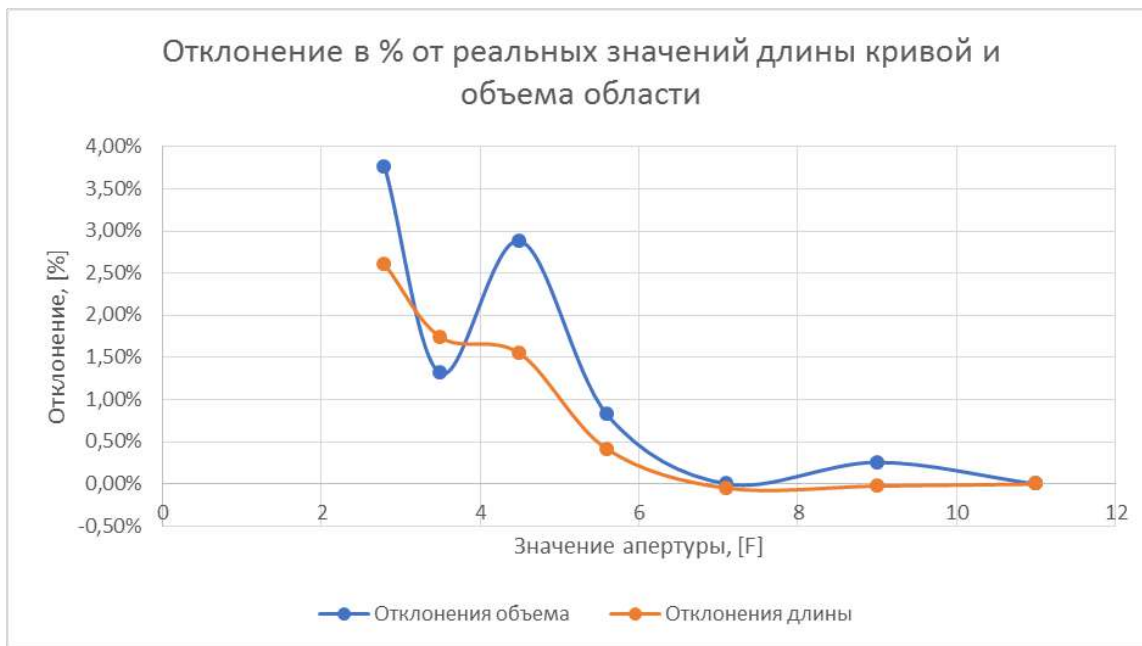


Рис. 6. График влияния значений диафрагмы

Следующий график отражает влияние значения светочувствительности и изображен на рисунке 7:

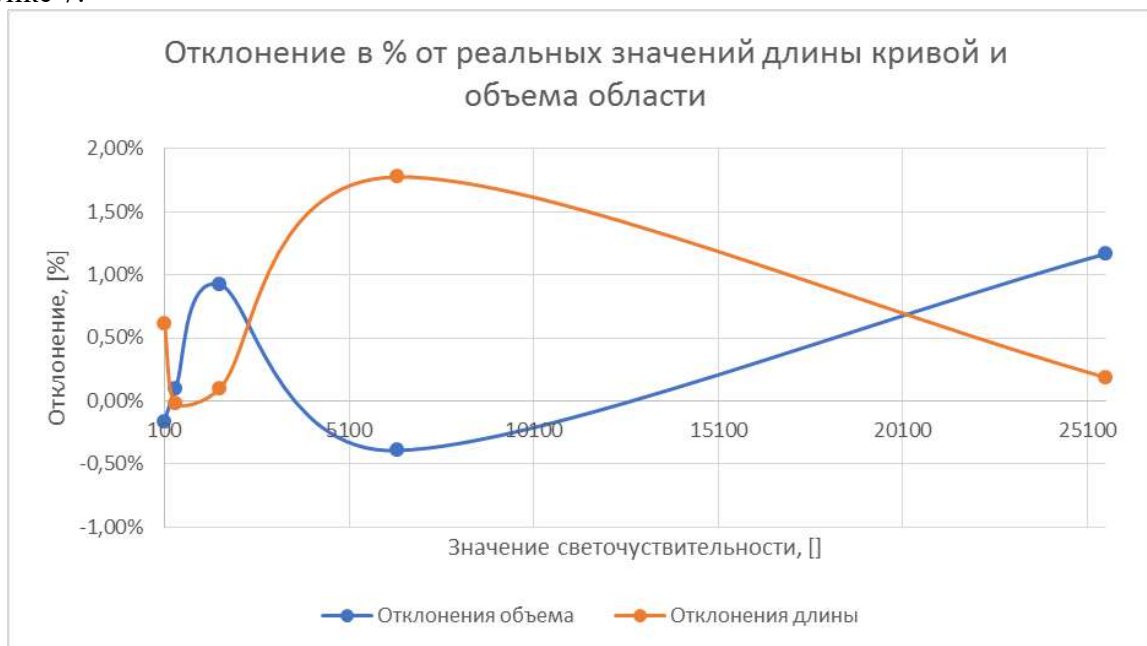


Рис. 7. График влияния значений светочувствительности

Из данного графика следует, что влияние светочувствительности матрицы не явно. Требуется дополнительные исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Согласно полученным данным, наиболее влияющим на точность восстанавливаемой модели фактором является значение диафрагмы: для меньших значений диафрагмы погрешности возрастают, для больших – уменьшаются.

Мы использовали полученные значения для воссоздания точной объемной модели опытного образца, предоставленного НИИ СМиТ.

Полученная модель изображена на рисунке 8:



Рис. 8. Полученная модель исследуемого образца

Таким образом, в ходе исследования были выявлены наиболее подходящие параметры съемки, рекомендованные к использованию в целях воссоздания точных цифровых геометрических копий исследуемых объектов. Важнейшей частью результатов исследования стало практическое применение разработанных методов, что открывает широкие возможности в реализации обозначенных целей.

ВЫВОДЫ

В ходе работы авторами статьи была разработана собственная методика выявления влияющих факторов и параметров съемки на точность фотограмметрических моделей. Были определены влияющие факторы на точность восстанавливаемой фотограмметрической модели. Используемая методика может быть применена для дальнейших исследований с целью получения более точных результатов и определения иных влияющих на точность факторов. Результаты исследования были успешно применены для получения первой цифровой геометрической копии опытного образца строительного материала для изучения его геометрических свойств, что может быть направлено на дальнейшее развитие методов фотограмметрии для использования в строительной отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лобанов А.Н. Фотограмметрия // Москва «Недра». 1984.
2. Евстратов В.С., Шилова Л.А., Перспективы развития интеллектуального строительства //

Сборник материалов семинара, проводимого в рамках VI Международной научной конференции «Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы». 2018.

3. *Евстратов В.С.*, Перспективы применения информационного моделирования в строительстве // Сборник материалов семинара молодых учёных XXII Международной научной конференции. 2019 «Молодёжные инновации». 2019.
4. *Jiaheng Wang, Liguan Wang, Mingtao Jia, Zhengxiang He, Lin Bi.*, Construction and optimization method of the open-pit mine DEM based on the oblique photogrammetry generated DSM // Measurement, Volume 152, February 2020, 107322.
5. *Oluibukun Gbenga Ajayi, Mark Palmer, Akporode Anthony Salubi.*, Modelling farmland topography for suitable site selection of dam construction using unmanned aerial vehicle (UAV) photogrammetry // Remote Sensing Applications: Society and Environment, Volume 11, August 2018, Pages 220-230.
6. *Hany Omar, Lamine Mahdjoubi, Gamal Kheder.*, Towards an automated photogrammetry-based approach for monitoring and controlling construction site activities // Computers in Industry, Volume 98, June 2018, Pages 172-182.
7. *Alex Braun, André Borrmann.*, Combining inverse photogrammetry and BIM for automated labeling of construction site images for machine learning // Automation in Construction, Volume 106, October 2019, 102879.
8. *Samir El-Omari, Osama Moselhi.*, Integrating 3D laser scanning and photogrammetry for progress measurement of construction work // Automation in Construction, Volume 18, Issue 1, December 2008, Pages 1-9.
9. *Santiago Martín, Hodei Uzcheda, Josep Poblet, Mayte Bulnes, Ramón Rubio*, Construction of accurate geological cross-sections along trenches, cliffs and mountain slopes using photogrammetry // Computers & Geosciences, Volume 51, February 2013, Pages 90-100.
10. *Boxiong Yang, Faizan Ali, Ping Yin, Tao Yang, Ying Yu, Shelei Li, Xiaofei Liu*, Approaches for exploration of improving multi-slice mapping via forwarding intersection based on images of UAV oblique photogrammetry // Computers & Electrical Engineering, Volume 92, June 2021, 107135.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО ВОДООТВЕДЕНИЯ МЕТРОПОЛИТЕНА

Ю.А.Исачкина, Ж.М. Говорова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Предмет исследования: водоотливные установки метрополитена

Цели: анализ особенностей проектирования системы водоотведения метрополитена России

Материалы и методы: проведение анализов, основанных на изучении нормативной литературы и рабочей документации

Результаты: анализ данных по качественному составу сточных вод в метрополитене показал, что они после технологических нужд имеют превышение по ПДК. Для очистки сточных вод было предложено использовать водоотливные установки, включающие несколько ступеней очистки и обеспечивающие качество очищенной воды соответствующей требованиям сброса в городскую ливневую канализацию.

Выводы: в результате очистки сточных вод в водоотливных установках метрополитена при помощи фильтрующих патронов, вода, поступающая в городскую ливневую канализацию, не привносит в сеть города превышений по показателям сброса, выше нормативных.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день метрополитен России активно развивается. В Москве и Санкт-Петербурге разработаны соответственно программы и планы развития метрополитена на период до 2030 года, а некоторые станции метрополитена, построенные еще в XX веке, нуждаются в реконструкции, что является показателем актуальности вопроса о проектировании специальных инженерных систем водоснабжения и водоотведения.

Станции, вестибюли и подземные линии метрополитена должны иметь внутреннюю объединенную системы хозяйственно-питьевого, противопожарного и технологического водопровода [1]. Источником водоснабжения служит сеть городского водопровода. В сооружениях метрополитена вода используется на различные хозяйственные и технологические нужды, а именно: мытьё платформ, тоннелей, вестибюлей; пожаротушение; для оборудования отопления и вентиляции (пароувлажнители) и водоснабжения помещений (санузлы, душевые, комнаты приема пищи и т.д.). Использованные стоки поступают в систему водоотведения, которая в метрополитене является неотъемлемой частью внутренних инженерных систем.

Система водоотвода метрополитена состоит из: лотков, трубопроводов, водоприемных колодцев и трапов. Перед сбросом сточных вод метрополитена в городскую сеть обязательно предусматривается локальная очистка. Очищенные сточные воды по составу должны соответствовать соответствующим требованиям, которые указаны в [4]. Для этих целей в метрополитене устанавливаются насосные водоотливные установки (ВОУ), которые служат для очистки воды, поступающей в водосборники по водоотводным трубам и лоткам, а так же для перекачки воды из пониженных участков метрополитена (станций, перегонов) в городскую ливневую канализацию [3]. Наиболее часто применяемым при проектировании

методом очистки сточных вод и реализуемым в ВОУ является безреагентное отстаивание. Использование других технологических решений по локальной очистке сточных вод является актуальной задачей проектирования системы специального водоотведения метрополитена.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Вопросам и особенностям проектирования станций метрополитена, а именно локальных очистных сооружений посвящено, к сожалению, немного научно-технических трудов, к наиболее близким по теме относятся [2]. В связи с широким развитием метрополитена, данный вопрос нуждается в изучении новых способов проектирования и применения усовершенствованных технологий локальных очистных сооружений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Способы проектирования и выбор локальных очистных сооружений для метрополитена основан на [1]. Были рассмотрены реальные проекты московского и Санкт-Петербургского метрополитена. Рабочие характеристики насосов были подобраны исходя из требуемых расходов и напоров, необходимых для сброса сточной воды в городскую ливневую канализацию, подбор насосов осуществлялся посредством официальных производителей насосного оборудования. Технические характеристики фильтрующих патронов с комбинированной загрузкой были предоставлены производством ООО НПП «Полихим» [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Водоотливные насосные установки подразделяются на три вида: основные (ОВУ), транзитные (ТВУ) и местные (МВУ).

Основные водоотливные установки находятся в пониженных точках вестибюля метрополитена. Расстояние между ОВУ составляет каждые 1,5-3 км. Они служат для сбора воды со всего перегона и прилегающих станций. ОВУ необходимо оборудовать 3 насосами (один рабочий и два резервных), которые получают питание от 2 независимых источников электроснабжения - такой способ питания ОВУ принимается с целью повышения надежности работы электродвигателей. На рис. 1 и 2 приведены план и разрез ОВУ. Производительность ОВУ зависит от типа заложения линии метрополитена-мелкого или глубокого.

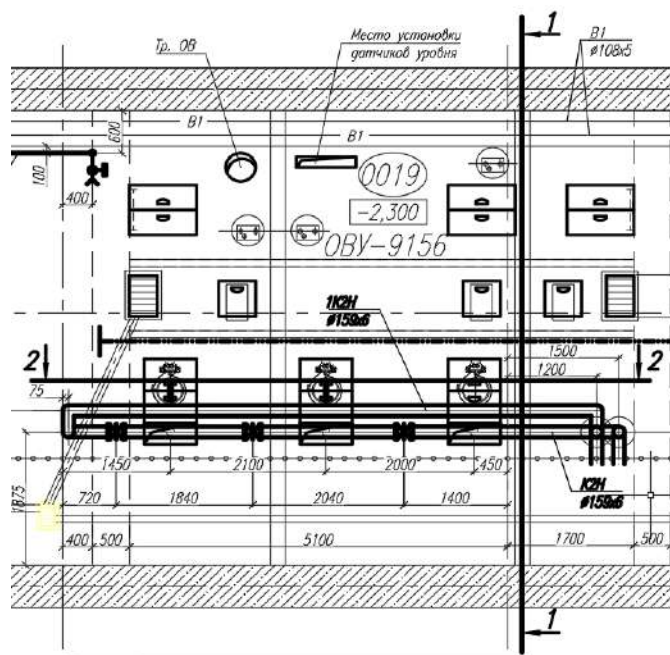


Рис. 1. План основной водоотливной установки

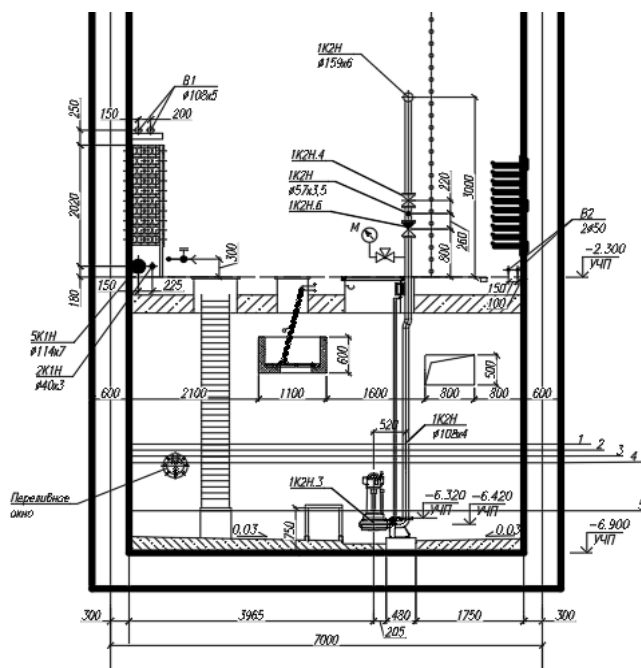


Рис. 2. Разрез основной водоотливной установки

Уровни: 1 - уровень включения 3-го насоса (-5.130); 2 - дополнительный аварийный уровень (поплавок датчик) (-5.230); 3 - уровень включения 2-го насоса, аварийный уровень (5.300); 4 - уровень включения 1-го насоса (-5.400); 5 - уровень отключения насосов (-6.200)

Каждая из водоотливных установок работает в автоматическом режиме в зависимости от уровня воды в водосборнике (см. рис. 2). Контроль за работой ВОУ осуществляется из

диспетчерских пунктов станций (ДПС) в автоматическом режиме.

Чаще всего для ВОУ применяются насосы марок «СМ», рабочая характеристика которого приведена на рис 3. или других марок от производителей Wilo, Grundfos. ВОУ располагаются в отдельных помещениях, а водосборники водоотливных установок должны иметь доступ для механизированной очистки. Помещение ВОУ должно отапливаться.

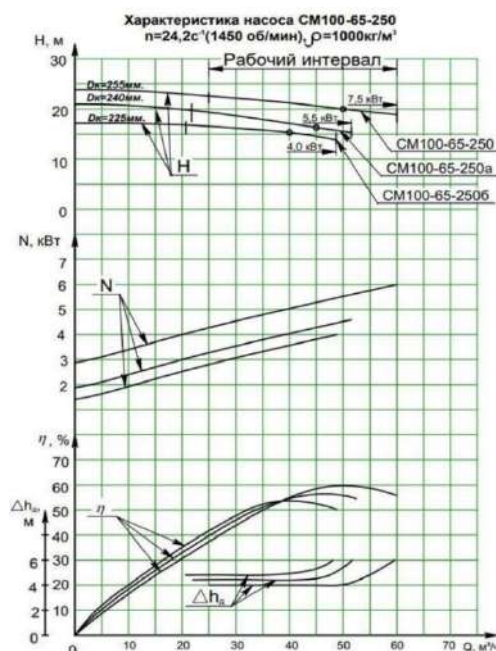


Рис. 3. Рабочая характеристика насосов CM-100-65-250

Как отмечалось выше традиционным методом очистки стоков является метод отстаивания. Вода самотеком поступает в резервуары водоотливной установки, где она отстаивается, а затем откачивается насосами в городскую ливневую канализацию. На основании отбора проб по лимитирующим показателям, было выявлено, что показатели сброса стоков в городскую ливневую канализацию превышают ПДК по таким показателям, как нефтепродукты и синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ). В связи с этим требуется усиление технологии локальной очистки сточных вод.

Одним из путей интенсификации процесса очистки на локальных сооружениях является использование комбинированного механического и физико-химического метода с использованием фильтрующих патронов с комбинированной загрузкой (рис. 4). Очистка стоков производится в отстойной части основной водоотливной установки на блоках механической и сорбционной очистки. Очистка производится по схеме: стоки поступают и накапливаются в первой секции отстойного отделения, а затем самотеком по перепускной трубе они поступают в выделенную перегородкой вторую секцию, где располагаются фильтрующие полиэтиленовые патроны с комбинированной загрузкой. Патроны предназначены для очистки стоков от взвешенных веществ, нефтепродуктов и других органических веществ, а также поверхностно-активных веществ.

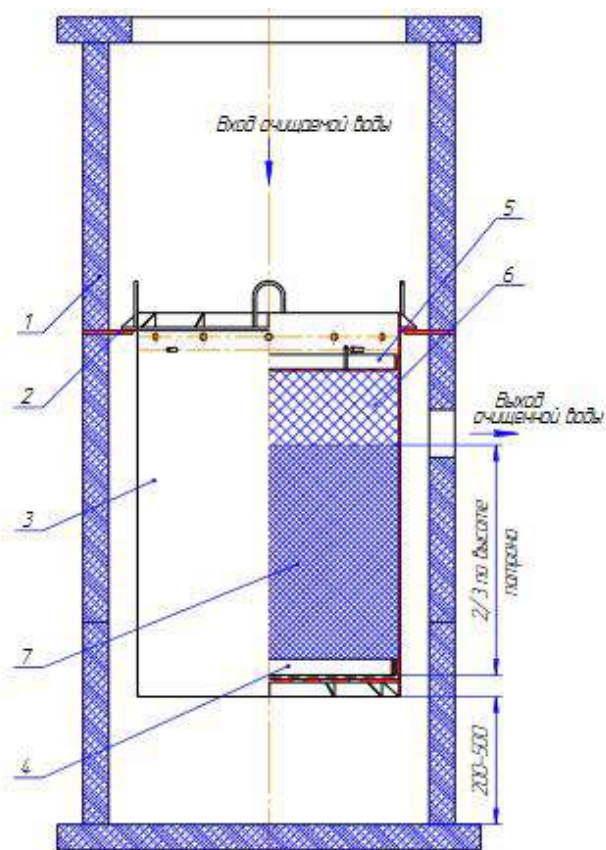


Рис. 4. Схема установки фильтрующего патрона

1 - бетонный колодец (как вариант размещения патрона); 2 - опорное кольцо; 3 - комбинированный патрон; 4 - нижняя решетка; 5 - верхняя решетка; 6 - механическая загрузка патрона (синтепон с лавсаном-1/3 - по высоте патрона); 7 - угольный сорбент (2/3 по высоте патрона)

В таблице 1 приведены технические характеристики фильтрующих патронов.

Таблица 1. Технические характеристики фильтрующих патронов

Диаметр фильтрующего патрона, мм	Производительность		Высота фильтрующего патрона, мм
	м ³ /час	л/сек	
580	2...4	0,6...1,2	900;1200;1800
920	4...8	1,2...2,5	900;1200;1800
1420	8...16	2,5...4,5	900;1200;1800
1920	16...32	4,5...9,0	900;1200;1800

Механизм работы патрона заключается в следующем. Сточная вода по самотечному трубопроводу поступает на решетку, которая закрывает загрузку патрона. Решетка служит для предварительного задержания крупных отбросов и частиц. Периодически в процессе эксплуатации должна предусматриваться ручная или механическая очистка решеток. Фильтрующий патрон состоит из двух разных по назначению слоев загрузки. В верхнем слое

из полиэфирного волокна происходит очистка воды от взвешенных веществ, и плавающих нефтепродуктов. В нижнем слое из модифицированного азотосодержащего угля (МАУ) происходит сорбционная очистка от нефтепродуктов и СПАВ, а также задержание мелкодисперсной взвеси.

В таблице 2 приведена эффективность очистки фильтрующего патрона.

Таблица 2. Эффективность очистки фильтрующих патронов

Показатель	Концентрация загрязнений в исходной сточной воде, мг/л мг/л	Качество очищенной воды при высоте фильтрующего слоя, мг/л		
		900 мм	1200 мм	1800 мм
СПАВ (в)	Не более 25	1,4	1,0	0,1
СПАВ (н)	Не более 5	0,8	0,4	0,1
Нефтепродукты	Не более 50	0,6	0,3	0,05
Взвешенные вещества	Не более 100	Не более 10,0		

Транзитные водоотливные установки (ТВУ) возводят между ОВУ в том случае, если водоотводные трубы и лотки не обеспечивают пропуск собираемой сточной воды. Таким образом, ТВУ перехватывают часть сточной воды и отводят её на поверхность.

Главное отличие ТВУ от ОВУ заключается лишь в производительности насосов и размером водосборника. (Водосборник в ОВУ объемом порядка 70 м³, в ТВУ до 40 м³) [1].

Местные водоотливные установки (МВУ) устанавливаются с целью перекачки воды из отдельных пониженных точек в водоотливную систему тоннелей. Они сбрасывают воду в городской водосток только в том случае, если тоннель мелкого заложения. МВУ и ТВУ имеют 2 насоса - 1 рабочий, 1 резервный. Очистка стоков производится в отстойной части водоотливной установки.

Уровень пола камер основных и транзитных водоотливных установок должен быть выше уровня головки рельсов на 25 см. Объем водосборников нормируется исходя из таблицы 3 [1].

Таблица 3. Объем водосборников в установках

Тип установки	Объем водосборника, м ³ , не менее	
	Рабочий	Общий
Линия глубокого заложения:		
основная	30	70
транзитная	15	40
местная	7	8
Линия мелкого заложения:		
основная и транзитная	15	30
местная	7	8
МВУ лестничного входа	4	5

ВЫВОДЫ

На сегодняшний день актуален вопрос разработки технологии локальных очистных сооружений метрополитена перед сбросом в городские сети. Такая очистка характерна в основном только для систем водостока, потому что хозяйственно-бытовая сеть не приносит в городскую канализацию превышений по показателям сброса, выше нормативных. Из-за специфики проектирования, далеко не каждая технология может быть использована, однако, практика применения технологии фильтрующих комбинированных патронов зарекомендовала себя с положительной стороны. Такой опыт проектирования водоотливной установки был применен на станциях в г. Санкт-Петербург. Технологии очистки сточных вод необходимо развивать и внедрять новые помимо уже созданных.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 120.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 32-02-2003 (с Изменениями N 1,2) Метрополитены.. М.: ОАО «ЦПП», 2012. – с.
2. *Выгодин А.И.* Системы водоснабжения и отопления в подземных сооружениях // Мосты и тоннели. 2019. С. 72–74
3. *Бакулин А.С.* Сооружения, устройств и подвижный состав метрополитена. – Москва, Транспорт, 1979.
4. СП 32.13330.2018 Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 (с Изменениями N 1) Канализация. Наружные сети и сооружения М.: ОАО «ЦПП», 2018. – с.
5. Экотайм технолоджи. 2021 год. [Электронный песурс]. URL: <https://ecotime.tech/npp-polihim>. (дата обращения 12.03.2021).

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ТЕРРИТОРИЙ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Е.М. Коченкова, С.Б. Сборщиков

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Мытищинский филиал

Аннотация

Комплексная (пространственная) организация территории необходима для того, чтобы сформировать комфортную городскую среду. Её важная часть – инженерная защита как отдельных зданий и сооружений, так и территории. Инженерная защита обеспечивает инфраструктурное строительство, экологичный подход при градостроительном размещении объектов строительства и защиту как объектов, так и населения от опасных природных воздействий.

Предмет исследования: организационные аспекты формирования технических решений инженерной защиты территории в рамках жизненного цикла, их особенности.

Цели: определить организационные принципы, условия и требования для устройства инженерной защиты территории.

Материалы и методы: рассмотрено действующее законодательство о градостроительной деятельности и проанализированы проведенные научные исследования на данную тематику, построены логические связи, на основе которых сделаны выводы по теме работы.

Результаты: обобщен перечень требований принятия организационно-технологических решений инженерной защиты территории на этапах территориального планирования и архитектурно-строительного проектирования, изложены их особенности.

Выводы: выполнение принципов, условий и требований при проектировании инженерной защиты территории обеспечит формирование комфортной и безопасной городской среды.

ВВЕДЕНИЕ

Национальная экономика и благосостояние населения тесно связаны с безопасностью, эффективностью градостроительной политики, экологической обстановкой. При этом жители России сталкиваются со множеством проблем, таких как неразвитая инфраструктура, низкая транспортная доступность и неблагоприятная экологическая ситуация. На их решение направлена стратегия пространственного развития Российской Федерации и национальный проект «Жилье и городская среда».

С ростом объема строительного производства все более значимым элементом пространственного развития становится инженерная защита территории, зданий и сооружений, тем или иным образом также направленная на решение выше поставленных задач, предотвращение влияния опасных природных процессов и обеспечение возможности проведения мероприятий реинжиниринга.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Авторы уже проведенных исследований отмечают, что комплексная инженерная защита зданий, сооружений и территории играет важную роль в формировании городской среды и при реализации объектов инфраструктуры и развитии территории всегда входит в состав работ. Соответственно, структура заданной темы усложняется и охватывает все направления (социально-экономические, экологические, инвестиционные) [1-6].

Для улучшения технико-экономических показателей и при необходимости качественного изменения территории проводятся реинжиниринговые мероприятия, являющиеся современным способом грамотно и эффективно трансформировать существующие технические решения [7, 8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Технические решения инженерной защиты и требования к их организации и представлению регулируются положениями нормативно-технической документации. На основе изученной и проанализированной литературы и актуальных на сегодняшний день нормативных документов сформированы требования к выбору и принятию решений по организации инженерной защиты.

Строятся логические связи с существующими работами по реинжинирингу в строительстве, расширяется сфера применения концепции реинжиниринга.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для структурирования полученных результатов составлена схема требований к выбору решений по организации инженерной защиты (рис. 1).

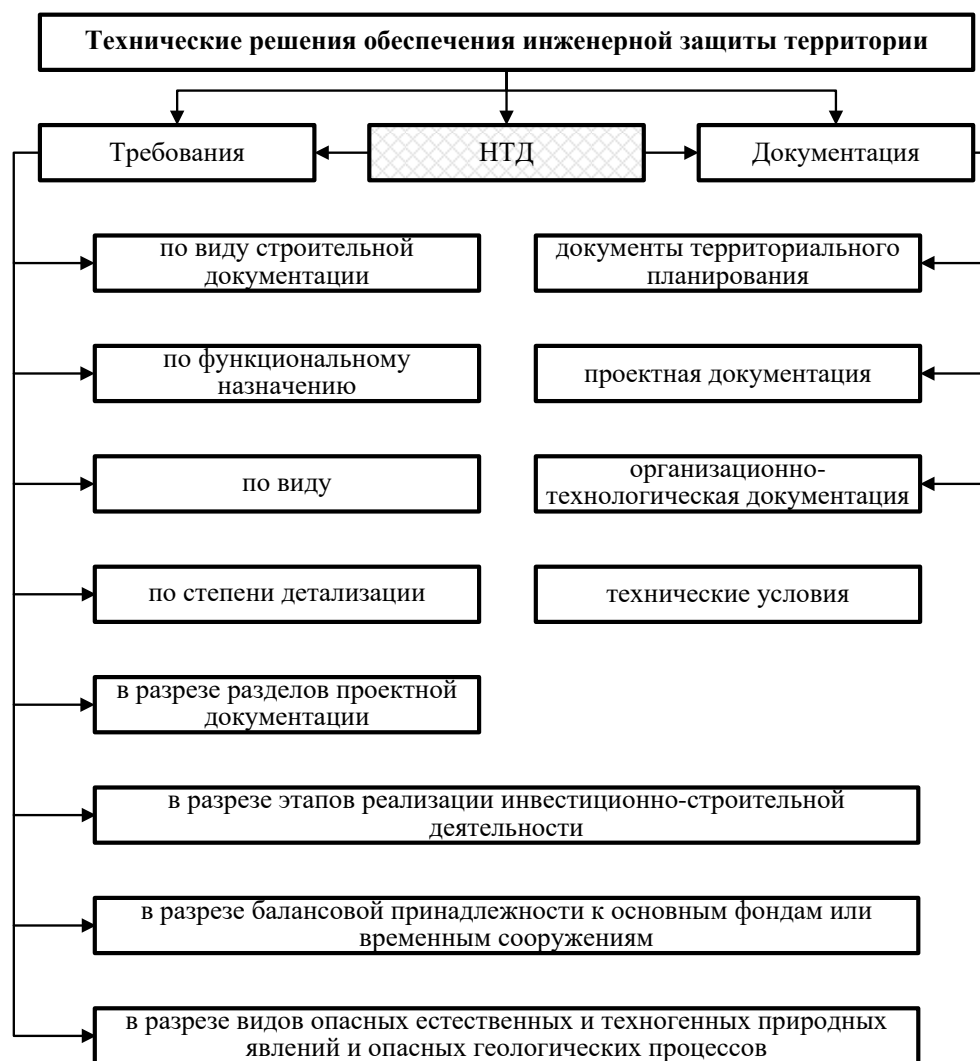


Рис. 1. Требования к выбору решений по организации инженерной защиты и их представление

Необходимо отметить важность комплексного подхода к организации инженерной защиты территории на всех этапах жизненного цикла, должна быть подготовлена схема инженерной защиты, основанная на вариативности технических решений, оптимизации проектирования, оценки рисков и экономической целесообразности.

Особенностью организационно-технологических решений по устройству инженерной защиты является разнообразие задач, решаемых на каждом этапе жизненного цикла объекта, и соответственно постоянное изменение профессионального и квалификационного состава специалистов.

Еще одной особенностью является следующий факт: так как для территории не применим термин «вывод из эксплуатации», то с развитием научно-технического прогресса и конвергенции реинжиниринг становится единственным возможным вариантом дальнейшего использования территории. И вместе с земельным участком должны трансформироваться и технические решения инженерной защиты, причем необходимо

централизованное и едино направленное осуществление указанных реинжиниринговых мероприятий.

ВЫВОДЫ

Схематично представлена структура требований для принятия организационных решений по инженерной защите территории на этапах территориального планирования и архитектурно-строительного проектирования. Отмечена важность и приоритетность комплексного подхода к организации инженерной защиты на всех этапах жизненного цикла.

Технические решения инженерной защиты территории и организационные моменты их формирования имеют определенные особенности. Одной из них является необходимость в реинжиниринге, результатом которого станет формирование комфортной и безопасной городской среды и реализация принципов устойчивого развития территории. Можно предположить, что проведение мероприятий реинжиниринга будет включать последовательную организацию рекультивации и реновации. Данная идея может стать тематикой для дальнейших исследований, тем более что термин «реновация» нормативно не идентифицирован.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Клочков В.В.* Взаимосвязь стратегий научно-технического и пространственного развития России // Россия: тенденции и перспективы развития. 2019. № 14-1. С. 101-106
2. *Колмакова Е.М., Колмакова И.Д., Дягтерева Н.А.* Пространственное развитие региона в контексте стратегии социально-экономического роста // Вестник ЧГУ. 2018. № 3 (413) Вып. 60. С. 30-37.
3. *Колмакова И.Д., Колмакова Е. М., Силинцев В.С., Гарипов Р.И.* Территориальное планирование сбалансированного социо-эколого-экономического развития // Управление сбалансированным развитием территориальных систем: вопросы теории и практики. Челябинск, 2016. С. 250-291.
4. *Курушина Е.В., Петров М.Б.* Критерии успешности проектов пространственного развития на основе межрегиональной интеграции // Экономика региона. 2018. Т. 14, Вып. 1. С. 176-189.
5. *Андреев А.В.* Перспективы пространственного развития Приморского края // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2018. Т. 7. № 2 (23). С. 22-26.
6. *Журавлев П.А., Марукян А.М.* Инженерная защита зданий, сооружений и территорий как фактор инновационного развития территориального планирования // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. № 10. С. 1440-1449. // DOI 10.22227/1997-0935.2020.10.1440-1449.
7. *Сборщиков С.Б., Маслова Л.А., Журавлев П.А.* Реинжиниринг в строительстве // DOI: 10.33622/0869-7019.2019.07.71-76. Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 7. С. 71-76.
8. *Сборщиков С.Б., Маслова Л.А.* Реинжиниринг объектов капитального строительства и реинжиниринг технологических процессов // DOI: 10.22227/1997-0935.2019.10.1321-1330/ Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 10. С. 1321–1330.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ ПРИ ИХ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ

А.Д. Плотников, О.А. Король

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Предмет исследования: причины некачественного выполнения работ по повышению энергоэффективности жилых многоквартирных домов в рамках капитального ремонта.

Цели: изучить причины некачественного выполнения работ по повышению энергоэффективности жилых многоквартирных домов в рамках капитального ремонта.

Материалы и методы: анализ ранее проведённых исследований российских исследователей и федерального законодательства в области повышения энергоэффективности жилых многоквартирных домов.

Результаты: выявлены законодательные барьеры для обеспечения повышения энергоэффективности в рамках капитального ремонта общего имущества в многоквартирных жилых домах.

Выводы: повышение энергоэффективности в рамках капитального ремонта невозможно, необходима разработка отдельной государственной программы по повышению энергетической эффективности жилых многоквартирных домов и оптимизация технологических решений.

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы энергоэффективности в многоквартирных жилых домах, её соответствия современным нормативным требованиям, её приведения к этим требованиям становятся всё более актуальными в последние годы. Развёрнутая по всей стране масштабная программа капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах должна была решить все эти проблемы. Однако, этого не произошло. Причин можно выделить много. Как результат, капитальный ремонт не способствует в полной мере улучшению условий проживания граждан.

В связи с этим, возникает необходимость тщательного изучения проблем и нахождения способов их решения.

Существующая система капитальных ремонтов, начатая в середине прошлого десятилетия, объективно даёт очевидные сбои. Одним из таких сбоев – это, то, что фактор повышения энергоэффективности учтён не был. Видимо, в нынешнюю программу внести коррективы будет сложно – она утверждена региональными собраниями субъектов Российской Федерации. Однако, так же очевидно, что такие программы продолжаться и после 2044 года. А значит, что необходимо извлечь негативный опыт, получаемый из первого крупного опыта масштабного капитального ремонта общего имущества в жилых многоквартирных домах.

ОБЗОР ЛИТЕРАТЫ

Статья основывается на материалах диссертационных исследований М.А. Дариной [5], Р.Д. Зильберова [6], С.В. Корниенко [7], Д.А. Михеева [8], Л.А. Опариной [9], Н.В. Шилкина [10].

Их работы являются основой в последних научных изысканиях в области энергоэффективности жилых многоквартирных домов.

Основой данной статьи являются научные изыскания в области организации капитального ремонта жилых многоквартирных домов с целью достижения нормативного энергоэффективного состояния.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе исследования рассмотрен №261-ФЗ [3] и проведено сопоставление требований в соответствии с №271-ФЗ [4].

Основное положения №261-ФЗ [3] – не допускается ввод в эксплуатацию зданий, прошедших капитальный ремонт и не соответствующим требованиям энергетической эффективности. При этом, в положениях №271-ФЗ [4] нет требований к обеспечению энергетической эффективности жилых многоквартирных домов при выполнении работ по капитальному ремонту.

В ходе исследования также рассматривались различные технологии и методы повышения энергетической эффективности зданий.

М.А. Дарина в своей работе [5] рассматривает возможность использования геотермальной энергии для отопления квартир первого этажей. По её расчётам использование подобной технологии позволяет сократить затраты на отопление квартир первых этажей до 48%. Применение солнечного коллектора по мнению автора поможет сэкономить на отоплении квартир верхних этажей 5-33% в зависимости от климатической зоны. Подобные технологии заслуживают особого внимания, так как являются альтернативным источником энергии, основные капиталовложения на который происходят в момент непосредственного устройства. В период же эксплуатации подобные технологии позволяют значительно экономить финансовые средства. Однако, применение подобных технологий будет происходить в разрез с действующим жилищным законодательством [1], так как в момент предоставления жилищно-коммунальных услуг жители многоквартирного дома будут заведомо поставлены в неравные условия. Применение подобных технологий рассчитано на квартиры первого и последнего этажей, что означает разную тарификацию за жилищно-коммунальные услуги в данных квартирах и квартирах на остальных этажах.

Р.Д. Зильберов в своей работе [6] описывает возможность повышения энергетической эффективности за счёт проведения работ по капитальному ремонту общего имущества в жилом многоквартирном доме. Как говорилось выше, выполнение работ по капитальному ремонту с целью повышения юридически невозможно. Поэтому данные работы целесообразно производить в рамках отдельной целевой государственной программы.

Д.А. Михеев [8] исследует ветровое воздействие на преодоление термического сопротивления стеновых конструкций. Его исследования весьма интересны, ведь при расчёте нормального термического сопротивления используются только нормативные температуры наружного и внутреннего воздуха, при этом скорость ветра и ветровая нагрузка упускаются. В результате получаются неточности при расчёте стеновых конструкций, приводящие к снижению эксплуатационных показателей.

Местное регулирование расхода тепловой энергии в своей работе описал Н.В. Шилкин [10]. Данный способ не новый, однако, споры по поводу его применения продолжаются до сих пор. Н.В. Шилкин описывает применение терморегуляторов как способ повышения энергетической эффективности многоквартирного дома.

Все вышеперечисленное невозможно технически воссоздать без разработки системы технического мониторинга энергетической эффективности жилого многоквартирного дома на протяжении всего его жизненного цикла – от проектирования до сноса. Данным вопросом в своей работе [9] занималась Л.А. Опарина. Разработанные и описанные ей системные принципы к энергетической эффективности здания представлены в таблице 1.

Таблица 1. Системотехнические принципы энергоэффективности зданий

Наименование	Содержание
Функционально-системный	Системообразующим фактором жизненного цикла энергоэффективных зданий как строительных систем является конкретный результат (целевая функция) функционирования системы – достижение зданиями необходимого уровня энергоэффективности
Вероятностно-статистический	Процессы строительства зданий с запроектированным уровнем энергоэффективности связаны с мониторингом и контролем показателей, имеющих вероятностный характер в силу воздействия на них случайных факторов, поэтому организация процессов должна характеризоваться распределениями, отражающими вероятности достижения запроектированных величин
Имитационно-моделирующий	Здания как энергетические системы характеризуются показателем эффективности, в качестве которого принимают функционал от процесса функционирования, следовательно, для создания и последующей эксплуатации энергоэффективных зданий необходимо применения методов математического, имитационного, функционального моделирования
Интерактивно-графический	Методология организации и управления современным строительным производством в условиях повышения требований к энергоэффективности зданий требует применения технологий моделирования, как самого здания, так и процесса организации и управления его жизненного цикла
Инженерно-экономический	В процессе создания энергоэффективных зданий необходимо производить оценку энергоэффективности не только с технической, но и с организационной и экономической точек зрения

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В соответствии с №261-ФЗ [3], запрещается принимать работы после капитального ремонта если здание не соответствует современным требованиям энергоэффективности и теплопроводности ограждающих конструкций. Однако, как показывают последние исследования это далеко не так.

Следует так же отметить, что работы по утеплению фасадов зданий не включены в состав обязательных работ, определённых статьёй 166 Жилищного кодекса РФ [1]. И согласно статье 155 Жилищного кодекса РФ [1], данный вид работ не может быть включён в

перечень обязательных работ по капитальному ремонту общего имущества в жилом многоквартирном доме.

В связи с этим усматривается необходимость разработки отдельной программы по улучшению энергетической эффективности здания. А так как данная программа будет касаться не всех жилых многоквартирных домов, а только зданий классов энергоэффективности С, D, E, то создавать фонд по примеру фонда капитального ремонта или фонда реновации нельзя, так как это будет нарушать права граждан на равные условия оплаты жилищно-коммунальных услуг. Следовательно, данная программа должна быть государственной и финансироваться из бюджета. Поскольку большинство субъектов РФ являются дотационными, то данная программа должна быть федеральной и финансироваться из бюджета РФ, распределённого на Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ.

Для реализации данной программы необходимо разработать системный подход к определению, мониторингу применения и реализации энергоэффективных технологий, с тем условием, чтобы это касалось всех жителей дома в равной степени как в денежном, так и в качественном отношении.

При разработке программы повышения энергетической эффективности жилых многоквартирных домов следует учитывать ряд факторов:

1) Год постройки жилого многоквартирного дома. Следует отметить, что с момента вступления в силу 261-ФЗ [3], проекты зданий, не соответствующие данному ФЗ, не удовлетворяются государственной экспертизой. Поскольку согласно Градостроительному кодексу РФ [2] в случае изменения нормативных требований государственная экспертиза в течении полутора лет производится по нормативам предыдущей редакции или без их учёта в случае принятия нового нормативного (законодательного) акта, необходимо учитывать, что после вступления в силу 261-ФЗ [3] в 2010 году в течении полутора лет, то есть до середины 2011 года, государственную экспертизу проходили проекты, не соответствующие 261-ФЗ [3]. А с учётом того, что от прохождения проекта до ввода здания в эксплуатацию и сама государственная экспертиза проходит некоторое время. Таким образом, отбирать здания для программы повышения энергетической эффективности следует из числа МКД, введённых в эксплуатацию до 2014 года.

2) Способ финансирования программы. Несмотря на то, что согласно статье 30 Жилищного кодекса РФ бремя за использование, ремонт и эксплуатацию возложено на собственников квадратных метров МКД, ставить в вину жителей дома изменения правового поля нельзя, так как здание возводилось не только в другом правовом поле, но и в большинстве своём в «другой» стране. Следовательно, возлагать на жителей МКД бремя за приведение здание в соответствие с действующими нормативными требованиями нельзя. Как итог, можно сказать, что данная программа должна быть государственной и финансироваться из федерального бюджета. Финансирование из региональных бюджетов не подходит для данной программы не подходит по ряду причин. Большинство региональных бюджетов России – дотационные. Увязка региональных и федерального бюджетов – довольно трудоёмкий процесс. С учётом того, что лишь несколько регионов, таких как Москва, Московская область, Санкт-Петербург, Ленинградская область и ряд других, смогут позволить себе реализацию подобных программ в течении 20-30 лет, а изменение структуры региональных бюджетов происходит ежегодно, то в долгосрочной перспективе логично предусмотреть общее финансирование программы из федерального бюджета.

3) Наиболее важным и сложным вопросом является вопрос согласия собственников жилья в МКД. Суть его состоит в том, что при утеплении фасадов, подвалов крыш и чердаков, которое можно производить и при 50% согласий собственников МКД. Однако, утепление здания потребует

перекладку системы отопления для соблюдения санитарно-гигиенических требований. Для гидравлической увязки системы отопления необходим допуск в 100% квартир. В противном случае, перекладка системы отопления не представляется возможным, так как утепление влечёт за собой снижение тепловых потерь здания и, как следствие, объёма теплоносителя и изменение диаметров трубопроводов для сохранения гидравлического режима работы.

4) При замене систем отопления необходимо производить их реконструкцию имеющей целью замену однотрубной системы на двухтрубную. Изменение конструкции позволит улучшить эксплуатационные характеристики системы. Во-первых, будет отсутствовать перегрев и «недогрев». Во-вторых, улучшится ремонтпригодность системы.

Реализация и оптимизация всех изложенных выше мероприятий будет способствовать улучшению качества жизни граждан, повышению срока службы ограждающих конструкций и как следствие снижению морального и физического износа жилых многоквартирных домов в целом. Повышение энергетической эффективности жилых многоквартирных домов может стать новым инструментом обновления жилищного фонда РФ.

Обновление жилищного фонда, будет способствовать развитию жилищной инфраструктуры, и созданию центров притяжения для жизни с более низкими капиталовложениями, чем при новом строительстве.

ВЫВОДЫ

Исходя из исследования, можно сделать ряд выводов.

Во-первых, в виду невозможности включения работы по утеплению фасада в обязательный перечень работ по капитальному ремонту общего имущества в жилых многоквартирных домах, определённых частью 1 статьи 166 Жилищного кодекса РФ, необходимо разработать отдельную программу по приведению зданий в нормативное энергоэффективное состояние в соответствии с 261-ФЗ [3].

Во-вторых, данная программа должна являться целевой государственной программой и финансироваться из федерального бюджета, в виду невозможности повышения взимаемой платы за жилищно-коммунальные услуги.

В-третьих, применение энергосберегающих технологий весьма ограничено, в виду того, что потребители жилищно-коммунальных услуг ставятся в заведомо неравные потребительские условия.

В-четвёртых, необходимо учитывать ветровую нагрузку при расчёте стеновых конструкций для более точного определения эксплуатационных показателей наружных ограждений здания.

В-пятых, необходимо проработать вопрос изменения конструктивных схем систем центрального отопления с целью установки терморегуляторов на тех системах, на которых в настоящий момент это технически неосуществимо.

В-шестых, необходимо разработать системный подход мониторинга энергетической эффективности жилых многоквартирных домов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 188 – ФЗ. Жилищный кодекс Российской Федерации. Принят Государственной Думой Федерального Собрания Российской Федерации 22 декабря 2004 года. Ободрен Советом Федерации Федерального Собрания Российской Федерации 24 декабря 2004 года.

2. Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190 – ФЗ. Градостроительный кодекс Российской Федерации. Принят Государственной Думой Федерального Собрания Российской Федерации 22 декабря 2004 года. Ободрен Советом Федерации Федерального Собрания Российской Федерации 24 декабря 2004 года.
3. 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. Принят Государственной Думой Федерального Собрания Российской Федерации 11 ноября 2009 года. Ободрен Советом Федерации Федерального Собрания Российской Федерации 18 ноября 2009 года.
4. Федеральный закон Российской Федерации от 25 декабря 2012 г. № 271 – ФЗ. О внесении изменений в Жилищный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных положений законодательных актов Российской Федерации. Принят Государственной Думой Федерального Собрания Российской Федерации 14 декабря 2012 года. Ободрен Советом Федерации Федерального Собрания Российской Федерации 19 декабря 2012 года.
5. *Дарина М.А.* Повышение тепловой эффективности малоэтажных гражданских зданий. [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 : защищена 12.01.2017 / Дарина Мария Александровна. – Пенза, 2016. – 172 с.
6. *Зильберов Р.Д.* Повышение эффективности ремонтно-строительного производства за счёт применения энергосберегающих технологий. [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.08 : защищена 20.05.2015 / Зильберов Роман Дмитриевич. – Ростов-на-Дону, 2015. – 148 с.
7. *Корниенко С.В.* Повышение энергоэффективности зданий за счёт совершенствования методов расчёта температурно-влажностного режима ограждающих конструкций. [Текст] : дис. ... д-р. техн. наук : 05.23.03 : защищена 26.12.2018 / Корниенко Сергей Валерьевич. – Волгоград, 2018. – 378 с.
8. *Михеев Д.А.* Повышение тепловой эффективности наружных стеновых ограждений на основе анализа тепловизионных исследований. [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 : защищена 12.03.2010 / Михеев Денис Александрович. – Красноярск, 2010. – 176 с.
9. *Опарина Л.А.* Теоретические основы процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий. [Текст] : дис. ... д-р. техн. наук : 05.02.22 : защищена 01.07.2016 / Опарина Людмила Анатольевна. – Иваново, 2016. – 300 с.
10. *Шилкин Н.В.* Методы повышения тепловой эффективности зданий и их экономическая оценка. [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.03 : защищена 03.10.2007 / Шилкин Николай Васильевич. – М., 2007. – 174 с.

ПРОБЛЕМА ОБРАЗОВАНИЯ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЦВЕТНЫХ МАЛОМУТНЫХ ВОД

У.С. Рудич, Ж.М. Говорова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Предмет исследования: маломутные цветные воды Северо-Западного региона РФ

Цели: сбор и анализ данных о динамике изменения качественных показателей воды, выявление наличия побочных продуктов водоподготовки, а также факторов, влияющих на их образование

Материалы и методы: проведение анализов, основанных на газохроматографических методах

Результаты: в результате исследований было установлено превышение требуемых нормативов, предъявляемых к качеству питьевой воды, получены данные для дальнейшего совершенствования технологии очистки природных цветных вод с целью предотвращения образования хлорорганических соединений

Выводы: исследования показали, что в результате подготовки для питьевых целей маломутных цветных вод образуются токсичные вещества, представляющие опасность для организма человека. Значение их концентрации превышает требуемый норматив в 2-3 раза. В связи с этим встает вопрос об усовершенствовании технологической схемы очистки с целью достижения требуемых нормативов качества питьевой воды.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире источники воды подвержены постоянному непрерывному загрязнению, которое представлено в виде органических, минеральных и взвешенных веществ. В критическом санитарно-эпидемиологическом состоянии находятся водотоки и водоемы, расположенные в зонах промышленного и сельскохозяйственного производства. Такое состояние обусловлено нарушением естественных гидробиологических процессов. Так же наблюдается значительное ослабление способности водных объектов к самогенерации и восстановлению.

Особенностью природных вод Северо-Западного региона РФ является их незначительная минерализация, небольшое содержание взвешенных веществ за исключением кратковременного повышения в периоды паводков, средняя и высокая цветность, минимальная щелочность и длительный период низких температур воды. В таблице 1 приведены в качестве примера данные по физико-химическому составу воды поверхностных источников питьевого водоснабжения [1-3].

Таблица 1. Значения физико-химических показателей исходной воды

Показатель	Реки			
	Волхов	Нева	Вычегда	Вологда
рН	7,4-8,2	7,44-7,54	7,53	7,14-8,5
Мутность, мг/дм ³	12,4-36,3	0,5-9,7	11-13,2	0,62-21,2
Цветность, град. ПКШ	208-278	24-61	95-120	19-168
Перманганатная окисляемость, мг/дм ³	22,2-33	6,4-12,3	28	4,9-28,15

Железо общее, мг/дм ³	1,41-2,89	н/д	0,78-1,06	0,05-2,94
Щелочность, ммоль/дм ³	1,12-1,52	0,46-0,72	1,15-1,28	0,76-4,81

Состав воды рассмотренных выше источников водоснабжения предопределяет необходимость улучшения качества этих вод при использовании их для питьевых целей.

Обработка маломутных цветных вод коагуляцией является обязательной. Процесс коагуляции может быть осуществлен в свободном объеме или при контакте с зернистым слоем (контактная коагуляция). В первом случае процесс коагуляции является важнейшим этапом предварительной обработки воды, от успешного завершения которого зависит эффективность последующих стадий очистки воды отстаиванием и фильтрованием в так называемой двухступенной технологической схеме обработки воды. Во втором случае – контактной коагуляции – процесс коагуляции является самостоятельным методом очистки воды, не требующем последующей обработки воды другими методами (одноступенная технологическая схема).

Эффективность работы водопроводных очистных сооружений в процессе их эксплуатации во многом зависит от первоначально правильно выбранной технологической схемы водоподготовки. Такой выбор производится на основе сопоставительного анализа потенциальной возможности технологии реагентной обработки воды и учета факторов, способных повлиять на качество воды в водоисточниках [4-5].

Недостаточно обоснованное применение для очистки маломутных цветных вод осветлителей не позволяет на практике стабильно обеспечить требуемую эффективность предочистки воды в слое взвешенного осадка, включая рециркуляцию последнего при скорости восходящего потока $v_v \geq 0,5$ мм/с [3]. Кроме того, проблема обеспечения санитарно-гигиенической надежности сооружений усугубятся использованием хлора и его производных. При обеззараживании природной воды, в результате реакции органических веществ, содержащихся в исходной воде, и свободного хлора, образуются летучие хлорорганические соединения, характеризующиеся высокой токсичностью. В очищенной воде они представлены тригалогенметанами, галогенпроизводными уксусной кислоты, хлорфенолами и др.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Проблеме образования побочных продуктов при водоподготовке, а также факторам, оказывающим влияние на данный процесс, посвящены многие современные исследования [6-7]. Как отечественные, так и зарубежные научные труды, подтверждают пагубное влияние тригалогенметанов на организм человека, их канцерогенную и мутагенную активность. Исследования доказывают непосредственную связь между употреблением в пищу воды, содержащей побочные продукты хлорирования и развитием онкологических заболеваний [8-9].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Качество воды было оценено по следующим показателям: мутность, цветность, перманганатная окисляемость, остаточный хлор и др. с использованием стандартных методов (ГОСТ Р 57164-2016, ГОСТ 31868-2012, ГОСТ Р 55684-2013, ГОСТ 18190-72) и сертифицированного оборудования. Для определения концентрации хлороформа и других хлорорганических соединений применялись способы основанные в основном на газохроматографических методах. Необходимые низкие пределы могут быть получены с

помощью электроннозахватного детектора, а для исследований более широкого масштаба может быть использован масс-спектрометрический детектор [10-11].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Тригалогенметаны образуются при взаимодействии примесей воды с хлорсодержащими веществами в результате сложных процессов, зависящих от многих факторов, одним из которых является непосредственно качество исходной воды и концентрации органических веществ в ней.

В результате многочисленных исследований [13-14] была установлена следующая взаимосвязь между качеством воды и количеством образующихся побочных продуктов хлорирования: чем выше уровень цветности природной воды, обусловленный содержанием гумусовых веществ, тем большее количество хлороформа образуется в результате процесса обеззараживания. Концентрация хлороформа при взаимодействии хлора с гуминовыми кислотами на 40% выше, чем при взаимодействии хлора с фульвокислотами. Это объясняется тем, что гуминовые кислоты вступают в контакт с хлором более активно и оказывают наибольшее влияние на процесс образования летучих хлорорганических веществ. Гуминовые кислоты обладают высоким молекулярным весом и высоким содержанием функциональных групп, что так же приводит к образованию хлороформа в более высоких концентрациях. Но необходимо учитывать, что исходная концентрация гуминовых кислот в естественных условиях, как правило, не превышает 15%.

Образование тригалогенметанов - результат чередования реакций гидролиза и галогенирования. Реакция гидролиз, которая занимает более значительный промежуток времени, в последующем и диктует общую продолжительность реакции и зависит непосредственно от рН воды. Вследствие чего, уровень рН воды оказывает влияние и на кинетику образования тригалогенметанов, в результате прямой зависимости со скоростью прохождения процесса гидролиза, и на итоговую концентрацию хлорорганических веществ в воде. Было установлено, что при увеличении значения показателя рН воды от 7 до 9, содержание тригалогенметанов возрастает в 2-3 раза.

Температура исходной воды, вступающей в реакцию с хлором, оказывает непосредственное воздействие на скорость образования летучих хлорорганических веществ. При повышении температуры на 10-15 °С показатель содержания тригалогенметанов в питьевой воде может увеличиться в 2 раза. Из этого следует, что общая концентрация хлорорганических соединений зависит от сезонных колебаний (максимальный показатель – летний период, минимальный – зимний).

Так же конечный уровень хлорорганических веществ в воде испытывает существенное влияние от таких факторов как: вводимая доза хлора, исходная температуры воды и время контакта воды с хлором. При увеличении дозы вводимого хлора растет и концентрация тригалогенметанов. Уровень роста напрямую зависит от содержания в воде органических примесей (количества и качественного состава). Согласно научным данным, концентрации тригалогенметанов в питьевой воде изменяются еще в течение двух недель.

Выполненный нами совместно со специалистами ООО Научно-технический центр «ФОНСВИТ» и Вологодского технического университета анализ динамики качества исходной воды р. Вологды, очищенной воды и режимов ее обработки за период 2012-2017 годы показал, что наиболее тесная корреляция содержания хлороформа наблюдается с показателями перманганатная окисляемость, цветность, мутность, рН и содержание аммония. Определяющими факторами влияния на формирование содержания хлороформа в

очищенной воде перед подачей в распределительную сеть являются перманганатная окисляемость ($R^2=0,43$), цветность речной воды ($R^2=0,24$) и также доза хлора ($R^2=0,65$) [12].

По мере прохождения воды по этапам водоочистки, содержание тригалогенметанов снижается. Однако, зачастую, этого недостаточно для обеспечения соответствия качества воды требуемым нормативам. Подтверждением этому являются систематизированные данные из научно-технической литературы и результаты собственных исследований, представленные в табл. 2-4.

Эффективность работы сооружений в отношении обеспечения нормативов, в том числе и тригалогенметанам – хлороформу изучалась на примере двух поверхностных водоисточников Северо-западного региона РФ, отличающихся физико-химическим составом воды и принятой технологией водоподготовки. В первом случае вода проходила реагентную очистку на горизонтальных отстойниках и фильтрах (ГО-СФ), во втором – в осветлителях со слоем взвешенного осадка и фильтрах (ОВО-СФ). Принятые режимы обработки в период проведения исследований приведены в табл. 2.

Исследования проводились в зимний период года, характеризующийся низкими температурами воды от 0,5 до 1,2 °С, относительно невысокой бактериальной загрязненностью и щелочностью. Содержание органических загрязнений, оцениваемое по перманганатной окисляемости составляло соответственно 6,16 и 12 мг/дм³. Для воды первого водоисточника было характерно наличие фитопланктона численностью не более 102 кл/дм³.

Таблица 2. Режимы реагентной обработки на водопроводных очистных сооружениях

Параметры обеззараживания	ГО-СФ	ОВО-СФ
- доза первичного хлора, мг/л	1,74	2,76
- доза коагулянта/ концентрация р-ра, %	6,5/5,5	45/24,6
- доза флокулянта, мг/дм ³ / концентрация р-ра, %	-	0,35/0,1
- доза вторичного хлора, мг/л	1,34	2,12

Анализ результатов показал, что после первичного хлорирования и реагентной обработки происходит снижение цветности, перманганатной окисляемости, ОМЧ и численности фитопланктона. В очищенной воде по схеме ОВО-СФ фиксируется превышение по остаточному алюминию в 1,6 раза, что свидетельствует о нестабильной работе осветлителей и по этой же причине наблюдается проскок по мутности воды после второй ступени - фильтров.

Таблица 3. Динамика изменения показателей качества речной воды по ступеням очистки сооружений (технологическая схема: горизонтальные отстойники-скорые фильтры)

Показатель	Речная вода	ГО	СФ	РЧВ	НС-П
Привкус при 20°С, балл	0	0	0	0	0

Мутность, мг/дм ³	0,58	0,71	0,57	0,17	0,2
Цветность, град. ПКШ	22	12	11	12	12
рН	7,7	7,5	7,7	7,5	7,6/1,8
Окисляемость перм., мгО/дм ³	6,16	4,72	4,08	4,32	4,24
Щелочность, ммоль/дм ³	3,54	3,45	3,52	3,46	3,46
Алюминий ост, мг/дм ³	<0,02	0,628	0,164	0,115	0,111
Хлор ост. акт. мг/дм ³	-	0,6	0,4	1,4	1,0
Численность клеток фитопланктона, кл./дм ³	102	8	8	8	8
ОМЧ, КОЕ/см ³	5	2	1	0	0
Хлороформ, мкг/дм ³	<0,6	67,2	61,3	100,1	117,6

Таблица 4. Динамика изменения показателей качества речной воды по ступеням очистки сооружений (технологическая схема: осветлители со слоем взвешенного осадка-скорые фильтры)

Показатель	Речная вода	ОВО	СФ	РЧВ	НС-II
Привкус при 20°С, балл	-	-	-	1	1
Мутность, мг/дм ³	5	8,7	10,8	0,59	1,18
Цветность, град. ПКШ	66	14	13	10	10
рН	7,85	7,16	7,23	7,21	7,19
Окисляемость перм., мгО/дм ³	12	6,5	4,4	4,3	4,5
Щелочность, ммоль/дм ³	3,7	2,8	2,7	2,7	2,8
Алюминий ост, мг/дм ³	< 0,04	2,6	0,16	0,27	0,32
Хлор ост. акт. мг/дм ³	-	0,34	0,41	0,84	1,05
ОМЧ, КОЕ/см ³	80	5	0	0	0

Хлороформ, мкг/дм ³	0	29	78	192	199
--------------------------------	---	----	----	-----	-----

Независимо от принятой технологии обработки воды на ГО или ОСВ после первичного хлорирования отмечается образование ЛХС (преимущественно хлороформа) и наблюдается тенденция роста концентраций в пробах воды от момента ввода первичного хлора до резервуара чистой воды, а также в воде на выходе их НС-II подъема, что свидетельствует о снижении барьерной роли водопроводных очистных сооружений в отношении тригалогенметанов. Содержание хлороформа в очищенной воде в наблюдаемый период превышало норматив в 2-3,3 раза.

ВЫВОДЫ

В ходе выполнения исследований были проанализированы факторы, влияющие на образование побочных продуктов водоподготовки, такие как концентрация загрязняющих веществ в исходной воде, сезонные температурные колебания, рН, мутность, цветность, перманганатная окисляемость, вводимая при обеззараживании доза реагента и т.д. Приведены данные о динамике изменения показателей качества речной воды по ступеням очистки сооружений. Выявлено превышение показателя содержания хлороформа относительно требуемых нормативов в 2-3 раза.

Данные исследования могут быть применены для разработки новых или усовершенствования существующих технологических схем очистки цветных маломутных вод с целью обеспечения требований, предъявляемых к качеству питьевой воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ивкин П.А., Латышев Н.С.* Совершенствование технологии очистки высокоцветных и маломутных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. № 7. С. 38–47.
2. *Быков В.В., Аникеев А.В., Пригун И.В., Сергеева О.А., Сироткин А.В.* Результаты испытаний по очистке поверхностной воды р. Волхов на пилотной установке ультрафильтрации // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2018, №7, с.20-32 и №8, С.10-28.
3. *Журба М.Г., Говорова Ж.М., Приемывшев Ю.Р., Лебедева Е.А.* Очистка природных вод, содержащих антропогенные примеси. Практическое пособие. – Вологда: ВоГТУ, 1998. – 104 с.
4. *Говорова Ж.М., Журба М.Г.* Обоснование водоочистных технологий и их инвестирования. Научное издание. – М., 2012. – 176 с.
5. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84* (с Изменениями N 1-5)
6. *Душкин С.С., Благодарная Г.И.* Анализ факторов, влияющих на образование тригалогенметанов при хлорировании питьевой воды // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова . 2007. № 2. С. 57-61.
7. *On J., Pyo H., Myung S.-W.* Effective and sensitive determination of eleven disinfection by-products in drinking water by DLLME and GC-MS.//Science of the Total Environment, 2018, v. 639, pp. 208–216
8. *Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А., Авалиани С.Л., Буштуева К.А.* Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: НИИЭЦиГОС., 2002.-408 с.
9. *Красовский Г.Н., Рахманин Ю.А., Егорова Н.А., Малышева А.Г., Михайлова Р.И.* Гигиенические основы формирования перечней показателей для оценки и контроля безопасности питьевой воды // Гигиена и санитария. -2010.-№4.-С. 8-13.
10. *Nicholson B.C., Bursill D.B., Couche D.J.* Rapid method for the analysis of trihalomethanes in water// J.Chromatogr. 1985. V. 325, № 1. P. 221.

11. *Biziuk M., Przyjazny A.* Methods of isolation and determination of volatile organohalogen compounds in natural and treated waters // *J.Chromatogr. A.* 1996.V.733.
12. *Лебедева Е.А., Говорова Ж.М., Родина А.О., Говоров О.Б.* Влияние качества природной воды на динамику формирования тригалогенметанов в процессе водоподготовки // *Сантехника, Отопление, Кондиционирование.* 2018. № 11. С. 18-21.
13. *Кинебас А.К., Нефедова Е.Д., Бекренев А.В., Яковлев В.Ю.* Использование сульфата аммония в процессе обеззараживания питьевой воды // *Водоснабжение и санитарная техника.* 2009. № 6. С. 49-52.
14. *Алексеева Л.П.* Снижение концентрации хлорорганических соединений, образующихся в процессе подготовки питьевой воды // *Водоснабжение и санитарная техника.* 2009. № 9. С. 27-34.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗЛИЧНЫХ ПОТОЛОЧНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ ЛУЧИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ

А.Е. Руин, А.А. Смыков, М.В. Бодров

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Аннотация

Предмет исследования: исследование направленно на изучение отдельных характеристик излучающих профилей водяной системы лучистого отопления. Данная система представляет большой практический интерес, так как позволяет более эффективно расходовать энергоресурсы.

Цель: целью исследования является получение удельной тепловой мощности различных излучающих панелей.

Материалы и методы: в ходе исследования были рассмотрены две различные излучающие панели фирмы ООО «Флайт+Хоммель» Helios 750 и Flower 125.

Результаты исследований: были получены зависимости удельной мощности исследуемых потолочных профилей.

Выводы: использование систем лучистого отопления с применением водяных инфракрасных излучателей позволяет снизить потребление энергетических ресурсов по сравнению с конвективными системами отопления.

ВВЕДЕНИЕ

Для обогрева крупно объёмных зданий и сооружений расходуется большое количество тепловых ресурсов при использовании привычных (конвективных) систем отопления. Самым энергоэффективным, является отопление с применением газовых инфракрасных излучателей (ГИИ). В системах данного вида отсутствует промежуточный теплоноситель, и теплота в помещение подаётся напрямую от сжигания природного газа. Однако, при применении лучистых систем отопления с использованием ГИИ необходимо учесть, что в отапливаемое помещение поступают продукты сгорания и есть необходимость применение дополнительных систем вентиляции для их удаления. Также, стоит учесть, что во многих районах Российской Федерации подключение газа требует значительных финансовых вложений.

Учитывая все вышеперечисленные особенности ГИИ авторами предлагается система отопления с применением водяных инфракрасных излучателей. В качестве отопительных приборов применяются излучающие панели. Теплоносителем в данной системе является горячая вода с температурой 40...150 °С. Так же в ВИИ наиболее эффективным является излучающий профиль ввиду большей удельной теплоотдачи и меньшей металлоёмкостью.

Особенностью системы является то что теплота передается в рабочую зону путем лучистого теплообмена. Так как воздух является прозрачным для инфракрасного спектра электромагнитного излучения, то тепловая энергия сосредотачивается на приповерхностных слоях, облучаемых поверхностях. В результате чего в зоне облучения формируются конвективные потоки, которые нагревают воздух в рабочей зоне.

Основные преимущества предлагаемой лучистой системы отопления, которые способствуют росту эффективности системы отопления:

- низкая тепловая инертность, система быстро реагирует на изменение параметров микроклимата в обслуживаемом помещении;

- возможность направленной подачи тепловой энергии в рабочую зону;
- малая занимаемая площадь системой отопления;
- легкость в монтаже и эксплуатации.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Данная статья опирается на источники [1, 2], и направлена, в первую очередь, на исследование и изучение отдельных элементов лучистой системы отопления на базе водяных инфракрасных излучателей, а именно исследуются потолочные излучающие профили. Во время проведения исследований в расчетах использовались алгоритмы, предложенные авторами [4] и нормативные документы [5, 6] для проверки показателей и соответствия их нормам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование лучистой системы отопления с использованием ВИИ проводится на базе ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» в Учебно-научно исследовательском центре «Системы отопления с использованием низкотемпературных инфракрасных излучателей» (УНИЦ «СОНИИ»). В основе данного центра находится лаборатория лучистого отопления (рис. 1), оборудованная всеми необходимыми лабораторными и контрольно-измерительными приборами, и созданная совместно с ООО «Флайг+Хоммель», единственным производителем излучающих профилей на территории России.



Рис. 1. Общий вид Лаборатории лучистого отопления

В лаборатории были исследованы два вида профилей Helios 750 (рис. 2) и Flower 125 (рис. 3) и получены данные по удельной теплоотдаче. Профили изготавливаются из анодированного сплава алюминия (AlMgSi0,5). Максимальная температура подаваемого теплоносителя ограничивается только параметрами источника теплоты т.к. сплав не подвержен коррозии. Максимальное рабочее давление – 10 бар.

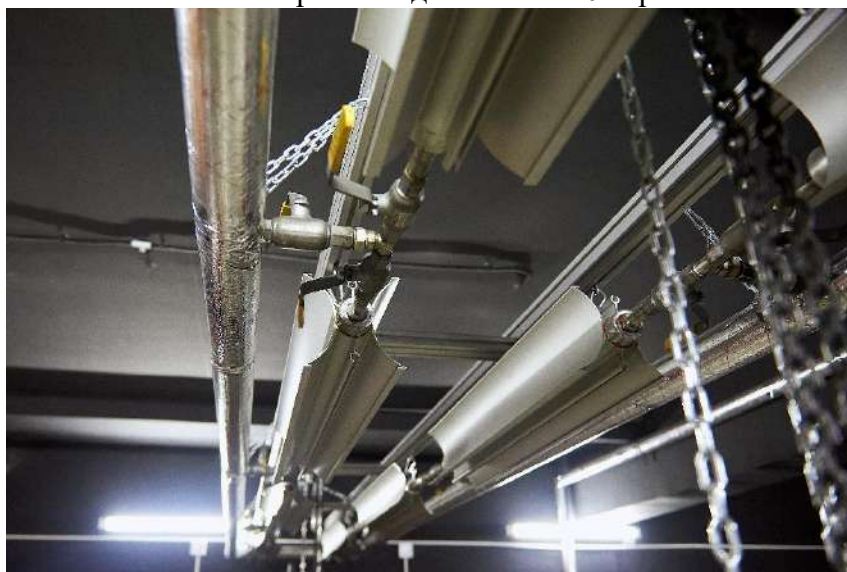


Рис. 2. Излучающий профиль Helios 750

Основные параметры исследуемого потолочного излучателя марки Helios 750: ширина/высота/длина – 170мм/170мм/1000мм;

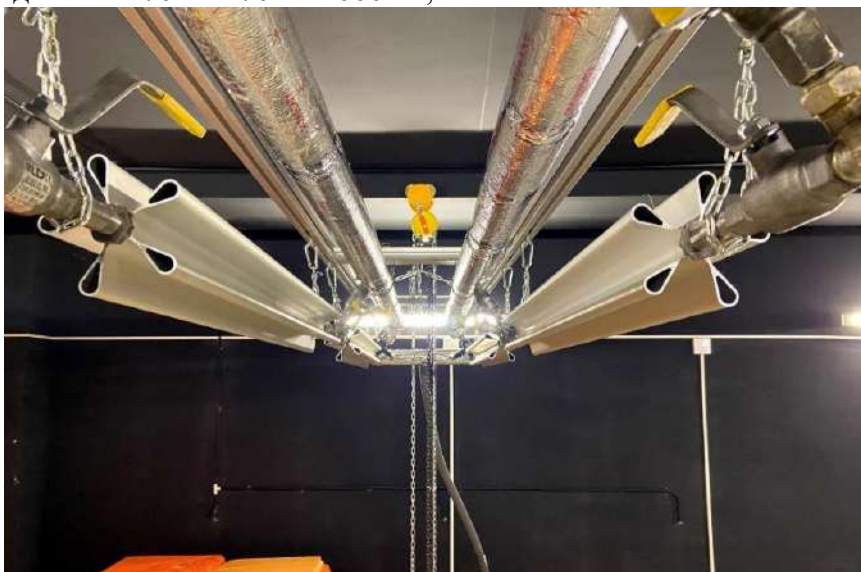


Рис. 3. Излучающий профиль Flower 125

Основные параметры исследуемого потолочного излучателя марки Flower 125: ширина/высота/длина – 125мм/125мм/1000мм;

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для определения удельной мощности ВИИ при любом температурном напоре ΔT , необходимо определить показатели a и m для степенного уравнения:

$$q_{\text{изл}} = a \cdot \Delta T^m. \quad (1)$$

Для определения показателей была проведена математическая обработка полученных, в ходе испытаний Helios 750, результатов и моделирование линии тренда в программном комплексе MathCAD (рисунок 4).

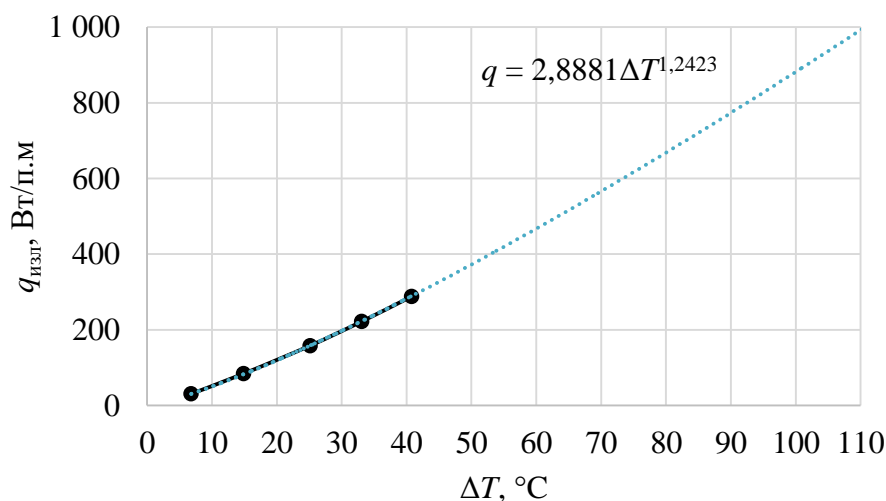


Рис. 4. Результаты моделирования степенной линии тренда в программном комплексе MathCAD для результатов испытания излучателя марки Helios 750

Результаты исследований по определению удельной тепловой мощности на один погонный метр панели Helios 750 приведены на рисунке 5 и в таблице 1.

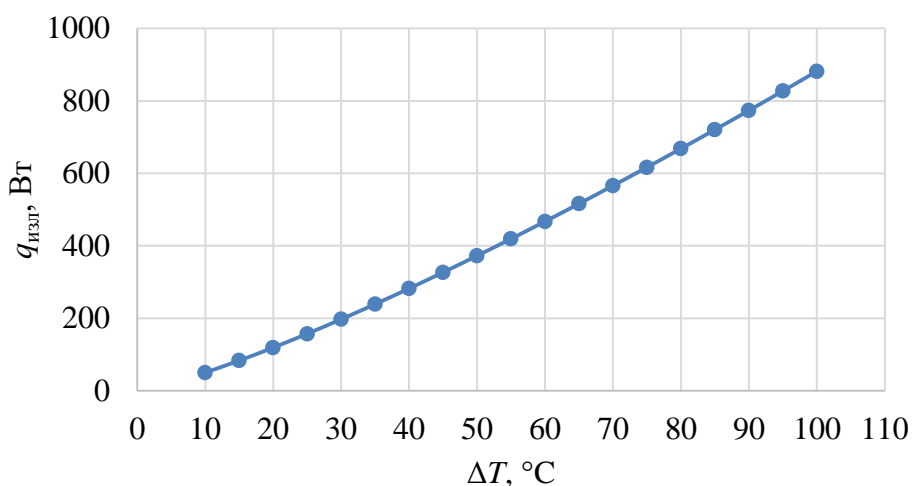


Рис. 5. Полученные результаты удельной тепловой мощности Helios 750

Таблица 1. Изменение удельной мощности Helios 750 при фиксированных значениях ΔT

$\Delta T, ^\circ\text{C}$	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
$q_{\text{изл}}, \text{Вт/л.м}$	50,46	83,51	119,38	157,52	197,56	239,26	282,43	326,94	372,66	419,50	467,39	516,26	566,04	616,70	668,18	720,45	773,47	827,21	881,64

В результате математических преобразований было получено уравнение кривой удельной мощности для Helios 750:

$$q_{\text{изл}}^{H750} = 2,8881 \cdot \Delta T^{1,2423}. \quad (2)$$

Для определения удельной мощности излучателя марки Flower 125 при любом температурном перепаде ΔT , также необходимо определить показатели a и m для уравнения (1).

Чтобы определить показатели a и m строим степенную линию тренда в программном комплексе MathCAD (рисунок 6).

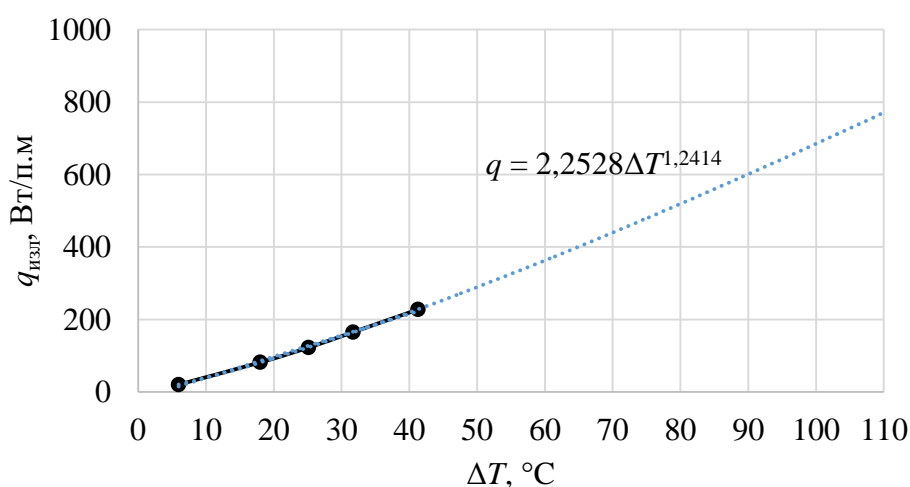


Рис. 6. Результаты моделирования степенной линии тренда в программном комплексе MathCAD для результатов испытания излучателя марки Flower 125

Результаты проведенных исследований по определению удельной тепловой мощности на один погонный панели Flower 125 приведены на рисунке 7 и в таблице 2.

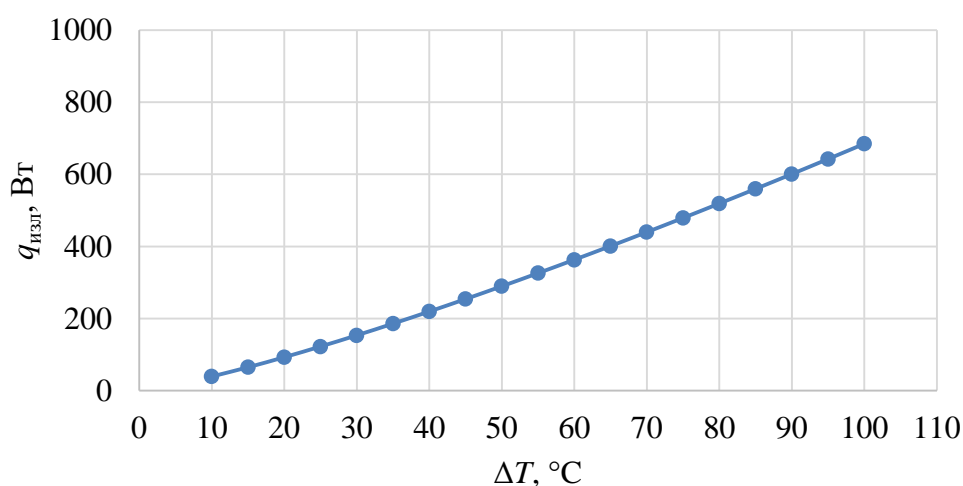


Рис. 7. Полученные результаты удельной тепловой мощности Flower 125

Таблица 2. Изменение удельной мощности Flower 125 при фиксированных значениях ΔT

ΔT, °C	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
q _{емб} , Вт/п.м	39,28	64,98	92,87	122,51	153,63	186,03	219,57	254,15	289,66	326,04	363,24	401,19	439,85	479,18	519,15	559,73	600,89	642,61	684,86

В результате математических преобразований было получено уравнение кривой удельной мощности для Flower 125:

$$q_{изл}^{F125} = 2,2528 \cdot \Delta T^{1,2414} . \quad (3)$$

ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Система лучистого водяного отопления за счет большого коэффициента лучистой теплоотдачи имеет высокую плотность инфракрасного излучения, под влияние которого попадают ограждения, контактирующие с наружным воздухом в следствии чего, повышается температура поверхности наружных ограждений что благоприятно влияет на санитарно-гигиенические показатели в рабочей зоне.

2. Высокий показатель энергоэффективности водяных инфракрасных излучателей достигается за счет: меньшего изменения температуры по высоте обслуживаемого помещения, что уменьшает потери теплоты через покрытие; уменьшение температуры воздуха в рабочей зоне, без снижения уровня комфортности, за счет увеличения радиационной температуры в рабочей зоне.

3. Применение лучистого отопления на базе ВИИ в крупнообъемных помещениях позволяет добиться более равномерного температурного режима.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бодров, В.И., Смыков А.А.* Исследование теплового режима наружных ограждающих конструкций в промышленных помещениях с системами отопления на базе инфракрасных излучателей // Приволжский научный журнал, 2018. – № 2 (46). – С. 29...36.
2. *Бодров, В.И., Смыков А.А.* Теплофизические характеристики теплового контура зданий с газовыми инфракрасными излучателями // Сантехника, отопление, кондиционирование, энергосбережение, 2014. – № 7. – С. 52...55.
3. *Бодров В.И., Михайлова Л.Ю., Смыков А.А.* Температурный режим наружных ограждений помещений с системами отопления на базе газовых инфракрасных излучателей // Приволжский научный журнал. – 2015. № 2 (34). С. 58...64.
4. *Бухмиров В.В., Крупенников С.А., Солнышкова Ю.С.* Алгоритм расчёт систем лучистого отопления помещений // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2010. – Вып. 4. – С. 23...25.
5. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: 2001. – 20 с.
6. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий (Актуализированная редакция СНиП 23 -02-2003) М., 2012.
7. Федеральный закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // СПС Консультант Плюс.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАММОКС В ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД

Е.В. Спасибо, Е.С. Гогина

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Предмет исследования: в конце XX века было замечено, что в бескислородной среде с бактериальным сообществом теряются ионы аммония, но происходит обогащение азотом. Вскоре процессу было подобрано название Анаммокс. Этот процесс подвергается пристальному изучению, ввиду способности очистить сточные воды, высококонцентрированные азотными соединениями, но бедными органическими веществами, именно с такими стоками не справляются традиционные методы удаления биогенных элементов.

Цели: анализ современных способов очистки сточных вод от загрязняющих веществ группы азота и сравнение с традиционными методами очистки для определения перспективного направления исследований в этом направлении.

Материалы и методы: с целью выявления перспектив были изучены наработки исследователей о деятельности микробов в анаммокс-процессах, а также детально рассмотрены некоторые технологические схемы, разработанный на основе данного процесса.

Результаты: в результате представлена небольшая сводка о преимуществах Анаммокс-процесса над традиционными методами очистки, а также представлен перечень некоторых схем, работающих по принципу анаммокс-процесса.

Выводы: выявлено, что бактерии-анаммокс играют значительную роль в процессе глубокой биологической очистки сточных вод от соединений азота, а также рассмотрены перспективы дальнейших исследований.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время актуальной остается задача интенсификации процессов очистки сточных вод. Если говорить об очистке бытовых сточных вод, то основными показателями, определяющими качество очистки, являются такие показатели, как биологическое потребление кислорода (БПК), химическое потребление кислорода (ХПК), взвешенные вещества и биогенные элементы (азот и фосфор).

Особое внимание уделяется технологиям удаления биогенных элементов, чье повышенное содержание на выпусках в водоем вызывает его цветение и гибель рыб.

Существуют классические методы очистки сточных вод от биогенных элементов. Это такие процессы, как Нитрификация (аэробное окисление аммонийного азота до нитритов, а затем и до нитратов) и Денитрификация (процесс восстановления нитратного азота в молекулярный в анаэробных условиях).

Основные недостатки традиционных методов – энергозатратность и необходимости внесения органики для осуществления процесса денитрификации. Технологические схемы с этими методами показывают стабильность и эффективность только при наличии стоков малоцентрированных азотом, но с высоким содержанием органических веществ. Но что, если все сложится иным образом? [1]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Процесс ANAMMOX (ANAerobic AMMonium OXidation) – Анаэробное окисление аммония нитритом с образованием азота. Этот процесс осуществляется анаммокс-бактериями.

Анаммокс-бактерии (рис.1) имеют ряд особенностей, которые затрудняют и замедляют исследования в этой области.



Рис. 1. Вид Анаммокс-бактерий

Эти бактерии функционируют в составе сообществ. Сообщества состоят их видового разнообразия микроорганизмов, связанных между собой тесными взаимоотношениями. Данные связи по сей день исследуются учеными разных стран.

Также им свойственна низкая скорость роста (порядка одиннадцати суток) и, соответственно, снижает шансы вырастить определенное количество микроорганизмов для создания нужного сообщества. [2]

Порядок проведения процесса следующий: на первой стадии процесса происходит перевод аммония в нитрит. На второй - образуется молекулярный азот. Классическая схема объединяет два процесса: частичную нитрификацию (нитритацию) и, собственно, процесс АМХ.

Технология Анаммокс экономически и экологически превосходит стандартные методы:

- Отсутствие потребности в органическом веществе, снижение потребности в кислороде, что приводит к сокращению расхода на электроэнергию в 2–3 раза.
- Закись азота в промежуточных реакциях не образуется и как следствие – оказание меньшего парникового эффекта.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В мире функционируют более 100 пилотных установок с существующими технологиями Анаммокс, которых насчитывается более 10. Они отличаются между собой типом гидравлики, типом биомассы и типом загрузки, если таковая имеется.

Рассмотрим особенности нескольких технологий:

1. МВК-Анаммокс- процесс

Технология типа МВК-Анаммокс (рис.2) была разработана в АО «Мосводоканал» совместно с РАН для очистки возвратных потоков, которые «вернулись» на биологическую очистку после обезвоживания осадка на центрифугах. Уже известно, что классические методы плохо справляются с очисткой стоков, которые бедны органикой, а после обезвоживания мы получаем стоки такого характера.

Биореактор Анаммокс работает по типу «карусельного» реактора, т. е. гидравлически

является реактором смешанного типа – одновременно полного перемешивания и вытеснения. В реакторе поддерживается температура, которая является характерной для процесса Анаммокс, лежащая в диапазоне 30-37 °С. [3-5]

Технология Мосводоканал-Анаммокс построена по стандартному принципу: нитритация – анаммокс-процесс. Но есть два элемента, выделяющую эту технологию, это наличие реактора-доокислителя и реактора-измельчителя активного ила.

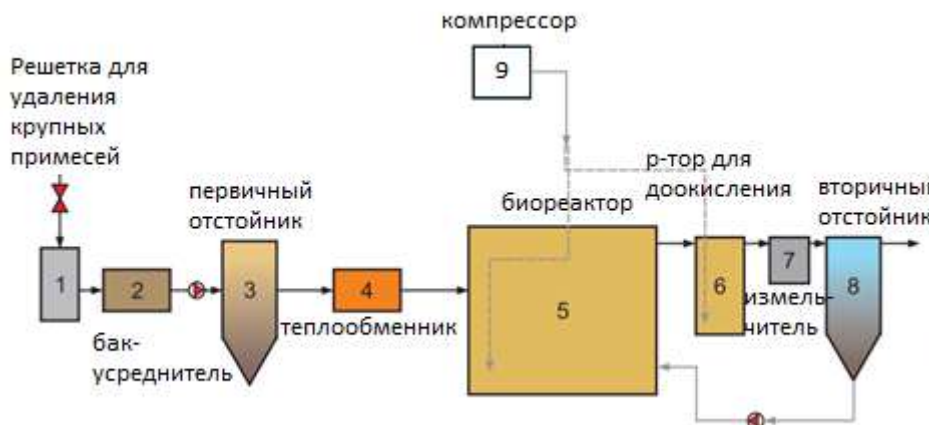
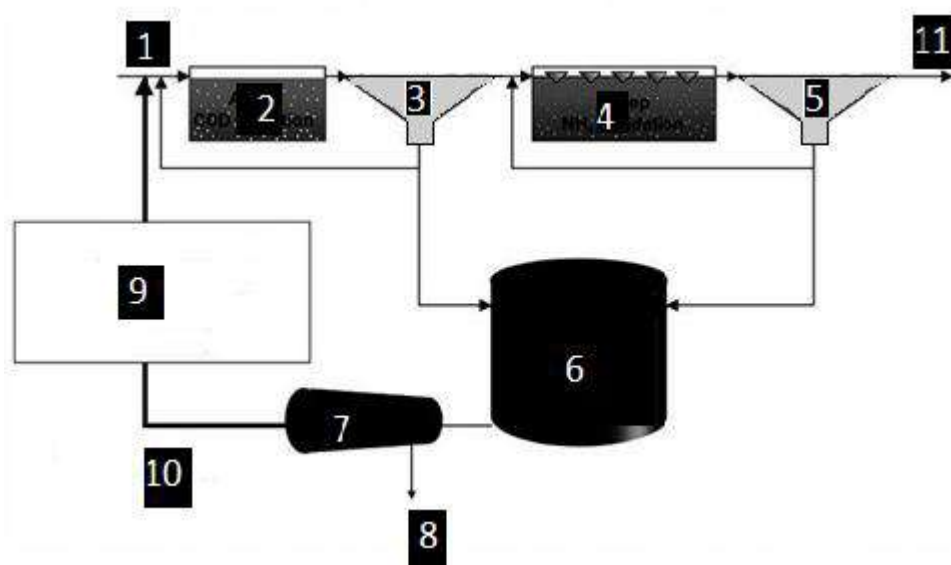


Рис. 2. Технологическая схема MBK-Анаммокс

2. SHARON-Anammox.

Данная технология уникальна наличием двух разных реакторов: первый из которых - Sharon (Single reactor High activity Ammonia Removal Over Nitrite) (рис.3), в котором аммоний окисляется до нитритов, а другой, собственно, Анаммокс. [6,7]



- 1- Поддача сточной воды, 2- 1 ступень. Окисление органики, 3- отстойник, 4- 2 ступень. Окисление NH_4^+ , 5- отстойник, 6- метантенк, 7-обезвоживание, 8- активный ил, 9 - Реализация комбинированного процесса Sharon-Анаммокс, 10- иловая вода, 11- Выход очищенной воды

Рис. 3. Технологическая схема Sharon-Anammox

3. Demon

Demon (Deammonification System) (рис.4) – эта технология осуществляется в реакторе периодического действия. Периодическая обработка осуществляется путем периодической подачи неочищенных сточных вод, контролируя аэрацию и перемешивание, чтобы одновременно проводить частичное нитрование и реакцию АМХ в одном реакторе. [8]

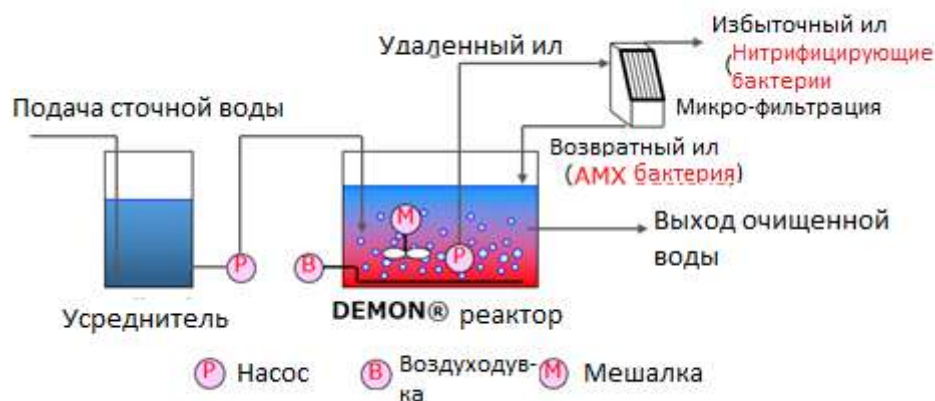


Рис. 4. Технологическая схема технологии Demon

4. Deamox

Deamox (DENitrifying AMmonia Oxidation) (рис.5) - это схема также имеет почти стандартный порядок процессов: обратную денитрификацию (денитратацию-образование нитратов из нитритов) и анаммокс процесс.

Процесс образования нитрита из нитрата осуществляется как в автотрофных, так и гетеротрофных условиях. [9]

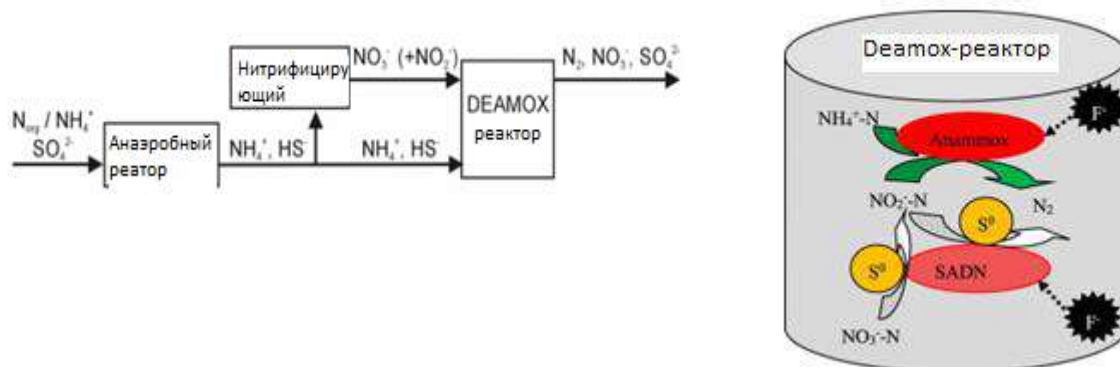


Рис. 5. Технологическая схема Deamox.

ВЫВОДЫ

При изучении материала выявлена значимость анаммокс-бактерий в биологической очистке сточных вод. Показано превосходство Анаммокс-процесса над классическими методами очистки от биогенных элементов. Таким образом, технологии, построенные на

данном процессе, в ближайшем будущем получат большую популярность и применение его на очистных сооружениях разных типов всего мира.

Процесс Анаммокс еще долгое время будет поддаваться изучению, поэтому хотелось бы выделить несколько направлений дальнейших исследований, которые, по моему мнению, являются наиболее перспективными:

1. Повышение стабильности Анаммокс-процесса.
2. Очистка при низких температурах.
3. Использование для очистки низких по азоту концентраций.
4. Очистка в мембранных реакторах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Воронов Ю.В., Яколев С.В.* Водоотведение и очистка сточных вод. Москва // Изд-во АСВ, 2006. 704 с.
2. *Бочкова Е.А.* // Микробиологическая И Молекулярно-Биологическая Характеристика Микробного Анаммокс- Сообщества Лабораторного Up-Flow Реактора // Диссертация на соискание учёной степени кандидата биологических наук // 03.02.03 — Микробиология. 2016 г.
3. *Козлов М.Н. и др.* Биологическая очистка фильтрата ленточных сгустителей сброженного осадка в пилотной установке аноксидного окисления аммония и контроль ключевых микроорганизмов // Вода: Химия и Экология №1, 2015, с.22-29
4. *Пономаренко А.М., Власов Д.Ю., Белов Н.А., Ганин А.В., Зинченко А.В.* Инновационные развития Люберецких очистных сооружений // Водоснабжение и санитарная техника, 2021, №1, с. 36-48
5. *Кевбрина М.В., Дорофеев А.Г., Агарёв А.М., Козлов М.Н., Николаев Ю.А., Асеева В.Г.* // Анаммокс – перспективная технология удаления азота из сточных вод.» / Водоснабжение и санитарная техника. 2019. №5 УДК 628.35:661.5, с. 28-35
6. *Бурнашова Е.Н., Семенов С.Ю., Мартынов М.С.,* Микробиологические методы очистки сточных вод от соединений азота // Животноводство и кормопроизводство // Достижение науки и техники АПК. 2015. Т.29, №2
7. *U. van Dongen, M.S.M. Jetten and M.C.M. van Loosdrecht.* «The SHARON®-Anammox® process for treatment of ammonium rich wastewater.» / Water Sci Technol (2001) 44 (1): 153–160.
8. Лучшие примеры эксплуатации очистных сооружений: г. Штрасс (Австрия) [Электронный ресурс] URL: https://www.researchgate.net/profile/Anastasia-Vanyushina/publication/301561536_Lucsie_primery_ekspluatacii_ocistnyh_sooruzenij_g_Strass_Avstria/links/571a197b08aed43f63245eac/Lucsie-primery-ekspluatacii-ocistnyh-sooruzenij-g-Strass-Avstria.pdf
9. *Adam Maslon, Janusz A. Tomaszek.* «Anaerobic ammonium nitrogen oxidation in Deamox process» // Environment Protection Engineering, 2009, Vol.35, No.2: 123-130.

Секция 5. GLOBAL ENVIRONMENTAL CHALLENGES

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ДОМА КАК ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО И «ЗЕЛЁНОГО» СТРОИТЕЛЬСТВА

Ю.А. Бронникова,¹ В.А. Курочкина,¹ А.В. Дейнеко²

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

²ООО «Сигма Тау»

Аннотация

Актуальность строительства экологических домов (экодомов), т.е. домов из экологичных строительных материалов, возрастает вследствие обострения экологических проблем глобального, регионального и местного масштабов. Целью настоящего исследования является актуализация концепции экологических домов применительно к современным условиям, с учётом новых и перспективных требований к зданиям. Экологические дома рассмотрены как разновидность «зелёных» зданий. Особое внимание уделено энергоэффективности как важнейшему требованию к новым зданиям.

Экологичные строительные материалы обладают одновременно двумя качествами: они более благоприятны для человека; их применение оказывает наименьшее воздействие на окружающую среду с учётом всего жизненного цикла строительного материала. Как правило, к экологичным относятся натуральные материалы (природного происхождения).

Целесообразно применить опыт энергоэффективного и «зелёного» строительства для экологичных зданий: компактность архитектурных форм, светопрозрачные конструкции с эффектом пассивного солнечного обогрева, приточно-вытяжная вентиляция с рекуперацией теплоты, автоматизация инженерных систем, исключение тепловых мостов (мостиков холода).

Представляется целесообразным, опираясь на накопленный зарубежный опыт, развитие многоэтажного деревянного домостроения.

ВВЕДЕНИЕ

Экологический дом (экодом) – это дом из экологичных строительных материалов [1]. Такие материалы облают одновременно двумя качествами: во-первых, они более благоприятны для человека; во-вторых, их применение сопряжено с пониженным воздействием на окружающую среду, обязательно принимая во внимание весь жизненный цикл строительного материала, от его создания до утилизации или переработки. Как правило, но не строго обязательно, к экологичным относятся натуральные материалы (природного происхождения).

Идея строительства экологических домов известна во многих странах. Принято считать, что в России экологические дома начали строиться в 1980-х годах в Новосибирском

Академгородке [2]. Актуальность строительства экологических домов возрастает по причине обострения экологических проблем глобального, регионального и местного масштабов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Строительство, которое отвечает концепции устойчивого развития, называют «зелёным» строительством. Чтобы соответствовать требованиям устойчивого развития, строительство должно решать задачи, вытекающие из трёх направлений устойчивого развития (табл. 1).

Лучшие практики зелёного строительства, архитектурные, конструктивные и инженерные решения содержатся в рекомендациях добровольного применения и сертификациях на их основе [3–4]: Институт пассивного дома (Германия), BREEAM (Великобритания), LEED (США), HQE (Франция), DGNB (Германия), LBC (США), WELL (США), GREEN ZOOM (Россия) и др.

Ключевое требование «зелёного» строительства вошло в нормативно-техническую базу обязательного применения – это энергоэффективность.

Курс на энергоэффективность во многом обусловлен проблемой глобального изменения климата, которое ускоряется вследствие эмиссии парниковых газов. Одним из основных антропогенных источников парниковых газов является отопление зданий, которое практически на 100% обеспечивается сжиганием топлива, такого как природный газ, нефтепродукты, уголь, дрова и т.п. Следует обратить внимание, что атомные и возобновляемые источники энергии вносят заметный вклад только в электрогенерацию, но не в производство тепловой энергии для отопления зданий. Таким образом, повышение энергоэффективности зданий сокращает потребность в отоплении, что автоматически снижает эмиссию парниковых газов.

Таблица 1. Задачи «зелёного» строительства

Аспекты устойчивого развития:	Человек (общество)	Экономика	Природа
Основные задачи «зелёного» строительства:	Благополучие и продуктивность деятельности человека	Массовость строительных решений, способствующих устойчивому развитию	Снижение неблагоприятного воздействия зданий на окружающую среду в разрезе жизненного цикла

<p>Основные методы «зелёного» строительства:</p>	<p>Оптимальный микроклимат помещений; архитектурная среда с условиями для здорового образа жизни</p>	<p>Экономическая эффективность строительных решений; долговечность и ремонтпригодность зданий; санация существующих зданий</p>	<p>Энергоэффективность; экономия воды, других ресурсов и строительных материалов; использование переработанных материалов; выбор строительных материалов и технологий с учетом воздействия на окружающую среду в течении всего жизненного цикла от добычи сырья до утилизации; приоритет реновации, реконструкции, санации по сравнению с новым строительством, освоение подземного пространства</p>
---	--	--	--

В соответствии с [6] начато поэтапное повышение требований к энергоэффективности новых зданий. Планируется к 2028 г. добиться снижения энергопотребления в 2 раза по сравнению с требованиями 2000 г. С учётом этого, энергоэффективность является одним из главных требований при разработке инновационных строительных решений.

Энергоэффективность несёт существенные экономические выгоды:

- возможность увеличения площади отапливаемых площадей (новое строительство, реновация и т.п.) без наращивания мощности существующих тепловых сетей;
- возможность строительства экономически эффективных зданий без подведения сетей энергоресурсов, особенно сетей тепло- и газоснабжения;
- снижение эксплуатационных затрат на отопление в многолетней перспективе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Отмечается противоречивое использование терминологии в области строительства «зелёных», экологических и энергоэффективных зданий. Иногда экологические дома приравнивают к пассивным домам, что, на наш взгляд, не точно.

Пассивный дом – в строгом значении термина – это дом, который построен по стандарту немецкого Института пассивного дома. Отличительной чертой пассивных домов является отсутствие традиционной системы отопления. Такое здание обогревается путём подогрева приточного воздуха в приточно-вытяжной системе вентиляции с рекуперацией. Энергопотребление пассивного дома примерно в 10 раз меньше, чем традиционного. Строительство пассивных домов по стандарту Института пассивного дома распространено в Евросоюзе.

В более широком значении пассивным называют любой дом с низким энергопотреблением. На наш взгляд, в контексте российской нормативно-технической базы, к таким домам следует относить дома наивысшего класса энергосбережения A++.

Активный дом – это дом, который в среднем за год производит энергии больше, чем потребляет. Это достигается применением возобновляемых источников энергии. Строительство активных домов носит экспериментальный характер и требует решения задачи по сбыту излишков выработанной электроэнергии, для чего необходимы электросети нового поколения, предоставляющие такую возможность.

Экологический дом (экодом) – это дом, построенный из экологичных конструктивных и отделочных материалов, и сам являющийся экологичным.

По мнению авторов, для экологического дома одинаково важно: применение экологичных материалов, и экологичность самого дома, которая формируется на этапе его проектирования, строительства и эксплуатации.

Можно отметить следующие виды экологичных материалов (табл. 2).

Древесина – распространённый конструкционный и отделочный материал для экологического дома. Уплотнение стыков может выполняться льняной паклей или мхом.

Прессованная солома – обладает высокими теплоизоляционными свойствами. Соломенные блоки применяются совместно с деревянным каркасом.

Саман – кирпич-сырец из глинистого грунта с добавлением соломы, древесной стружки и других растительных материалов, а также песка, извести и других компонентов, распространённый и древний строительный материал.

Утрамбованный грунт – популярен в жарких и сухих регионах, таких как Австралия или юго-запад США. Кроме прямой трамбовки применяются блоки из прессованной земли, которые используются как кирпичи.

Эковата – это продукт переработки бумажного вторсырья. На её изготовление идёт преимущественно газетная бумага. Её измельчают и смешивают с веществами, придающими огнестойкость и биостойкость.

Таблица 2. Достоинства и недостатки экологичных материалов

Материалы	Достоинства	Недостатки	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м ^о ·С)
Дерево	высокая прочность, низкая теплопроводность; высокая паропроницаемость	пожароопасность; подверженность биологической коррозии	0,14-0,18 (поперёк волокон) 0,29-0,35 (вдоль волокон)
Прессованная солома	низкая теплопроводность; высокая паропроницаемость; лёгкость в обработке; малый вес	высокое влагопоглощение; малый срок службы; пожароопасность; низкая прочность	0,057
Саман	достаточная прочность; пожаробезопасность; достаточная паропроницаемость	высокое влагопоглощение; длительная усадка и усушка стен	0,6-0,7
Утрамбованная земля	пожаробезопасность; высокая прочность; доступность	необходимость отделки; гигроскопичность	0,305-0,315

Эковата	свойства эффективного утеплителя; высокая паропроницаемость; достаточная биостойкость, достаточная звукоизоляция	сложность монтажа теплоизоляционного слоя	0,037-0,042
----------------	--	---	-------------

Основное способ повышения энергоэффективности теплозащитной оболочки здания – это исключение тепловых мостов (мостиков холода). Они представляют собой выраженные теплотехнические неоднородности, связанные с разрывом теплоизоляционного слоя теплопроводными включениями, такими как вылеты несущих конструкций типа консольных балок и балконных плит, а также металлическими элементами ограждающих конструкций: кронштейны навесной фасадной системы, связи трёхслойных панелей, армирование каменной кладки и т.п.

Для количественной оценки теплопотерь при использовании различных строительных материалов исследован узел консольного вылета балки для жилого дома в климатических условиях московского региона (температура наружного воздуха $t_n = -25$ °С, температура внутреннего воздуха $t_v = +20$ °С, влажность внутреннего воздуха $\phi_v = 50$ %, температура точки росы внутреннего воздуха $+9,28$ °С).

Балка выполнена в трёх вариантах из различных строительных материалов: древесина, железобетон и сталь. Для целей сравнительного анализа нагрузка на консоль принята одинаковой, а поперечное сечение балок из разных материалов определено индивидуально на заданную нагрузку согласно расчётной схеме на изгиб с проверкой по прогибу. Параметры расчётной схемы соответствуют конструкции типа балкона, длина балок 1,5 м с шагом 1,0 м. Кратковременная нагрузка согласно СП 20.13330.2016 [7] определяется как наиболее неблагоприятная из двух вариантов: 1. полосовая $4,0$ кН/м² на участке шириной $0,8$ м вдоль края балкона; 2. равномерная $2,0$ кН/м² на всей площади балкона.

В соответствии с постановкой задачи нагрузка от собственного веса принята одинаковой во всех вариантах, равной $3,6$ кН/м² (исходя из характерного уровня нагрузки от железобетонного перекрытия). Результаты подбора поперечного сечения равнопрочных консольных балок сведены в табл. 3.

Таблица 3. Параметры равнопрочных консольных балок из различных материалов

Параметры	Материал		
	Древесина сорта 1	Железобетон В25	Сталь С255Б
Нормативный документ	СП 64.13330.2017 [8]	СП 63.13330.2018 [9]	СП 16.13330.2017 [10]
Расчётные сопротивления*, МПа	$R^p = R^A \cdot m_{дл} \cdot m_v = 21 \cdot 0,66 \cdot 0,9 = 12,5$	$R_b = 14,5$ $R_{bt} = 1,05$	$R_y = 250$

Поперечное сечение, мм	100×200 мм	100×150 мм	Двутавр 10Б1
*Примечание. Обозначения расчётных сопротивлений и необходимых коэффициентов для их вычисления приняты по соответствующим нормативным документам			

Расчёты теплотерь в узлах консольного вылета балок выполнены путём компьютерного моделирования температурных полей методом конечных элементов (МКЭ) в трёхмерной постановке.

Стена принята из обыкновенного кирпича ($\delta_1 = 250$ мм, $\lambda_1 = 0,81$ Вт/(м²·°C)), утеплённая снаружи минеральной ватой ($\delta_2 = 100$ мм, $\lambda_2 = 0,04$ Вт/(м²·°C)) с тонким штукатурным слоем (термическое сопротивление штукатурного слоя мало). Условное сопротивление стены теплопередаче равно:

$$R_0^{ysl} = 1/\alpha_v + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + 1/\alpha_n = 1/8,7 + 0,25/0,81 + 0,1/0,04 + 1/23 = 2,97 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт},$$

где α_v и α_n – соответственно, коэффициенты теплоусвоения внутренней поверхности стены и теплоотдачи наружной поверхности стены.

Следует заметить, задачей исследования является сравнительная оценка теплотерь для балок из различных материалов, поэтому варианты выбора стенового материала не будут оказывать значительного влияния на результат.

Ширина расчётной схемы принята равной шагу балок 1,0 м, высота расчётной схемы принята равной характерной высоте этажа 3,0 м, соответственно, площадь расчётного фрагмента стены $A_{ст} = 3,0$ м². Расчётные схемы представлены на рис. 1.

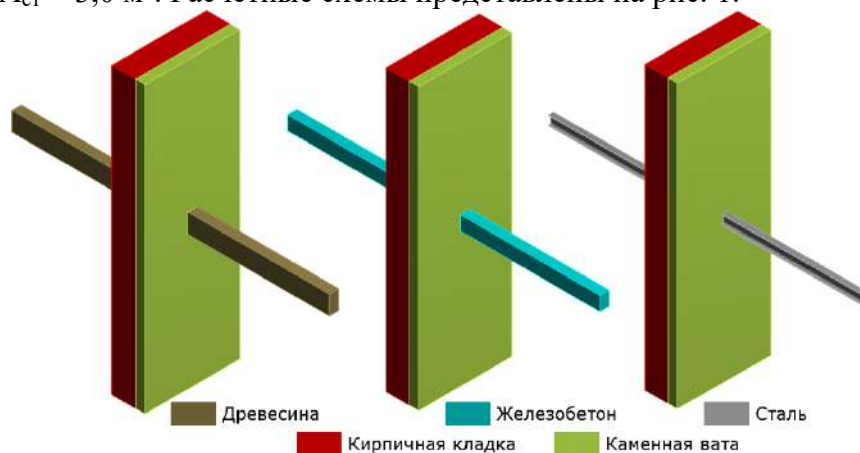


Рис. 1. Расчётные схемы для компьютерного моделирования температурных полей

Тепловой поток через расчётный фрагмент стены без учёта консольных балок:

$$Q = A_{ст} \cdot (t_v - t_n) / R_0^{ysl} = 3,0 \cdot (20 + 25) / 2,97 = 45,5 \text{ Вт}.$$

К внутренней и внешней поверхностям конечно-элементной модели приложены граничные условия конвективного теплообмена с указанием соответствующего коэффициента теплоотдачи (теплоусвоения) и температуры. На торцевых участках фрагмента стены заданы адиабатические граничные условия (тепловой поток равен нулю), что соответствует условию симметрии.

Результаты компьютерного моделирования представлены в табл. 4.

Таблица 4. Параметры компьютерного моделирования температурных полей

Параметры	Материалы		
	Древесина сорта 1	Железобетон В25	Сталь С255Б
Теплопроводность, Вт/(м ² ·°С)	0,35 (вдоль волокон)	2,04	58
Тепловой поток, Вт	46,7	50,1	52,7
Тепловой поток, обусловленный балкой, Вт	1,2	4,6	7,2
Минимальная температура внутренней поверхности, °С	17,9	16,9	14,9

Результаты исследования равнопрочных консольными балок балкона показывают, что по сравнению с железобетонной и металлической балками, теплопотери по деревянной балке меньше, соответственно, в 3,8 и 6 раз. Кроме того, металлическая балка требует дополнительных теплотехнических решений по причине превышения нормируемого температурного перепада, который для стен равен 4,5 °С (при $t_b = 20$ °С минимально допустимая температура внутренней поверхности равна $t_b = 15,5$ °С).

ВЫВОДЫ

Будущее – за экологически чистыми, энергоэффективными, «зелёными» домами. Они могут использовать альтернативные источники энергии и не нуждаются в теплоснабжении и газоснабжении. Они стимулируют физическую активность и общение. Они способствуют росту качества жизни, благополучию, здоровью, продуктивности людей, созданию благоприятного социального микроклимата.

Строительство экологических домов – эффективная мера по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду. Массовое строительство экологических домов может сделать жилищное строительство средством решения многих экологических проблем, стоящих перед человечеством.

Одним из преимуществ древесины как конструкционного материала является то, что древесина практически не подвержена образованию тепловых мостов. Результаты проведённого исследования равнопрочных консольных балок балкона показывают, что по сравнению с железобетонной и металлической балками, теплопотери по деревянной балке меньше, соответственно, в 3,8 и 6 раз.

Актуальным, опираясь на зарубежный опыт, видится развитие многоэтажного деревянного домостроения на основе принципов энергоэффективного «зелёного» строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Величко Е.Г., Цховребов Э.С. Экологическая безопасность строительных материалов: основные исторические этапы // Вестник МГСУ. 2017. Том 12. Выпуск 1 (100). С. 26–35. // Электронный ресурс // <http://vestnikmgsu.ru/ru/component/sjarchive/issue/article.display/2017/1/26-35> (дата обращения: 21.02.2021).

2. *Огородников И.А.* Строительство экодомов в разных странах // Электронный ресурс // URL: http://www.itp.nsc.ru/conferences/mzhz_2017/files/S2_Ogorodnikov.pdf (дата обращения: 21.02.2021).
3. *Вольфганг Файст.* Основные положения по проектированию пассивных домов. Перевод с немецкого с дополнениями под редакцией А.Е. Елохова. – М: Издательство АСВ, 2008.
4. Практические рекомендации по комплексному и устойчивому развитию территорий. АНО «НИИУРС», 2018. // Электронный ресурс // URL: <https://greenzoom.ru/dashboard/books/get/e/6/> (дата обращения: 21.02.2021).
5. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменением № 1). М. 2013. // Электронный ресурс // URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095525> (дата обращения: 21.02.2021).
6. Приказ Минстроя России № 1550/пр от 17.11.2017 «Об утверждении Требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений» // Электронный ресурс // URL: <https://docs.cntd.ru/document/542612470> (дата обращения: 21.02.2021).
7. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. // Электронный ресурс // URL: <https://docs.cntd.ru/document/456044318> (дата обращения: 21.02.2021).
8. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. // Электронный ресурс // URL: <https://docs.cntd.ru/document/456082589> (дата обращения: 21.02.2021).
9. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. // Электронный ресурс // URL: <https://docs.cntd.ru/document/554403082> (дата обращения: 21.02.2021).
10. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. // Электронный ресурс // URL: <https://docs.cntd.ru/document/456069588> (дата обращения: 21.02.2021).

ФОРМИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ МОЛОДЫХ СЕМЕЙ В АСПЕКТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Е.А. Давыдова, С.В. Ильвицкая

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Предметом исследования являются архитектурно-планировочные решения с учетом современных потребностей молодых семей в аспекте устойчивого развития архитектуры многофункциональных жилых комплексов. В статье приведен симбиотический подход формирования жилого комплекса и на основе средового метода исследования выявлены 3 важнейшие составляющие устойчивого развития объекта: социальный, экономический и экологический аспекты. Цель исследования заключается в комплексном решении многофункциональной и архитектурно-планировочной модели жилого комплекса для молодых семей, которая учитывает взаимосвязь градостроительных, объемно-планировочных и интерьерных компонентов организации пространства. Основные выводы исследования выявляют модули жилой среды. Результатами исследования является концепция развития проектирования многофункциональных жилых комплексов на основе 5 принципов проектирования с учетом социально-демографических характеристик: оптимизации проектных решений, вариативности формообразования, социальной адаптации, трансформации пространства, унификации квартирографии.

ВВЕДЕНИЕ

Под термином: Молодая семья понимают семью с детьми, в которых оба супруга не старше 35 лет (включительно), а также семья без детей, в которой оба супруга не старше 35 лет (включительно) состоят в зарегистрированном браке не менее одного года. [1]

Устойчивое развитие (от англ. - sustainable development) предоставляет усовершенствование архитектурной среды за счет использования возобновляемых ресурсов. Современным вектором развития является улучшения уровня комфорта среды жилых и общественных пространств. Структура формирования многофункциональных жилых комплексов для молодых семей нуждается в разработке архитектурно-планировочной организации не только жилой ячейки, но и обеспечению полноценной структуры жизнедеятельности, необходимой для создания системы общественного обслуживания (арендные помещения, детские сады, школы, а также культурно-досуговые учреждения для молодежи).

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Теоретическая база исследования включает работы отечественных и зарубежных авторов:

- по вопросам внедрения аспекта устойчивого развития в архитектурную среду представлено в исследованиях Ю. С. Янковской [2], Т. В. Вавиловской [3];

- по типологическим особенностям семей с детьми и социально-архитектурным моделям формирования жилья Кияненко К. В. [4];

- по формированию архитектуры адаптируемого жилища: Л. Ю. Анисимова [5], Сапрыкиной Н. А [6];
- по архитектурно-пространственной организации досуга в жилой среде: Овсянниковой Н. В. [7], Солодиловой Л. А. [8];
- по инновационным подходам к проектированию многофункциональных комплексов: Т. Вагнер, П. Анджеевский [9];
- по влиянию устойчивой архитектуры на дизайн жилых зданий: З. Мохаммадян, М. Шахбази [10];
- по анализу современных многоквартирных жилых домов Польши и Германии: М. Гюркович [11]; С. Иоганн, Б. Курцрок [12].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Метод симбиотического подхода отражает взаимодействие *3 основных важнейших составляющих устойчивого развития* многофункционального жилого комплекса для молодых семей. В данной единой системе каждый элемент является «живым организмом» и адаптируется под современные потребности молодых семей:

1 элемент – социальный. Архитектура жизнеустройства или социология жилой среды – направление для формирования взаимодействия социальных групп на определенной территории. Концепция «комьюнити» (от англ. community – сообщество) - эмоциональный комфорт жителей, который основан на функциональном решении пространства для членов семьи, домохозяйства, соседства и сообщества жителей района или поселения. Взаимодействие этих систем отвечает идеи единения и вовлечения, которые основаны на организации дворовых пространств и обеспечения самоидентификации в сложившейся среде.

2 элемент – экономический. В XXI веке в связи с развитием рыночных отношений потребителю предоставляется выбор во взаимосвязи ценовой категории и качества жилья: бизнес, эконом и комфорт класса. Особенности по ценовой политике, отделочных материалов, технологии и района строительства привели к пересмотру подходов по проектированию жилища. Альтернативный выбор разных форм: арендное жилье, частная или долевая собственность, рассматривается как экономическая составляющая формирования среды обитания в многофункциональном жилом комплексе для молодых семей.

3 элемент – экологический. На сегодняшний день актуальны современные экологические стандарты по международным системам добровольной сертификации зданий (BREAM и LEED) и показатели энергопотребления проекта с минимально допустимыми базовыми значениями при создании компьютерной BIM модели многофункционального жилого комплекса для молодых семей. С учетом применяемого материала и его утилизации в будущем при сохранении экосистем составляется декларация для аналитического анализа данных проекта и выбирается эффективное решение. Применение альтернативных источников энергии и концепция автономного существования как одна из систем организации среды жизнедеятельности.

Таким образом, симбиотический подход при взаимодействии 3 составляющих устойчивого развития формирует границы исследования и способствует прогнозированию формированию новой модели многофункционального жилого комплекса в *трех пространственных компонентах*:

1 компонент – *схема планировочной организации земельного участка*. Размещение единой системы организации многофункционального жилого комплекса для молодых семей в контексте городской застройки. Таким образом, формируется планировочная структура микрорайона.

2 компонент - *объемно-планировочное решение*. Архитектурно-планировочные решения квартирографии основываются на демографическом исследовании района проектирования. Для увеличения рождаемости необходимо обеспечить молодым семьям комфортные условия проживания в многофункциональном жилом комплексе.

3 компонент – *интерьерная адаптация*. Особенности формирования внутреннего пространства квартиры, т. к. в процессе эксплуатации возникает потребность к адаптации в зависимости от состава молодой семьи (к примеру, рождение ребенка) или возрастных характеристик детей (рост и развитие детей). Следовательно, при проектировании квартир в структуре многофункциональных жилых комплексов необходимо учитывать современные трансформирующиеся гибкие элементы интерьера, в виде раздвижных перегородок и складной мебели. А также применение экологических и износостойких материалов в отделке интерьера.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При взаимодействии *пространственных компонентов*: схема планировочной организации земельного участка, объемно-планировочное решение и интерьерная адаптация с *элементами устойчивого развития*: социальные, экономические и экологические получаем симбиотическую схему (рис. 1)

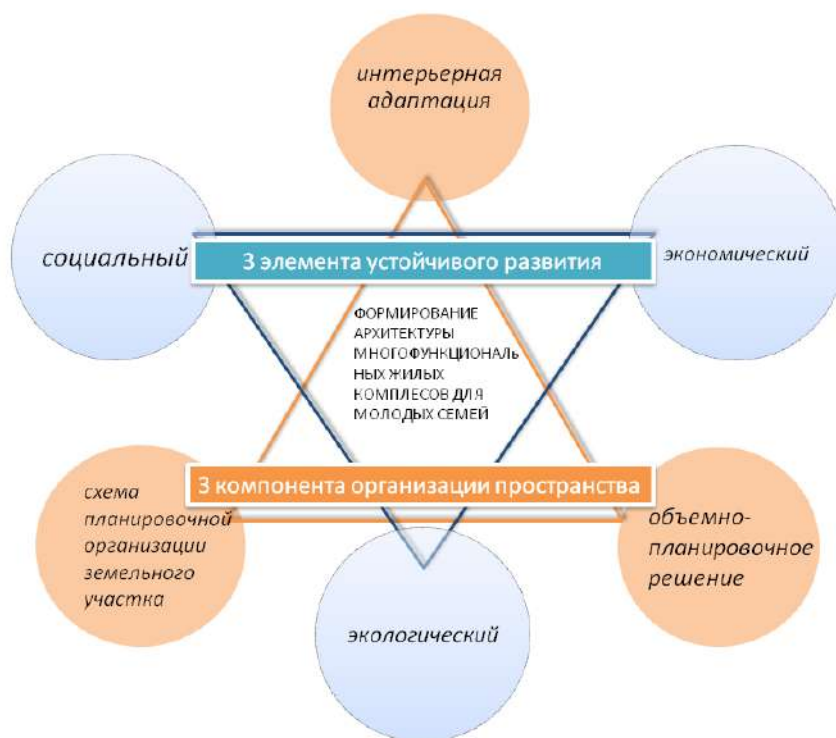


Рис. 1. Схема симбиотического подхода взаимодействия пространственных компонентов и элементов устойчивого развития проектирования многофункциональных жилых комплексов для молодых семей

На основе представленной симбиотической схемы формируется архитектурная модель многофункционального жилого комплекса для молодых семей. Социальные, экологические и экономические составляющие устойчивого развития взаимодействуют с 3 компонентами модуля. При этой системе формируется территориальное размещение основных функциональных групп зданий в составе комплекса, затем разрабатывается объемно-планировочное решение с элементами формообразования структуры здания и представленные интерьерные решения отражают взаимодействие общественных пространств с архитектурно-планировочными решениями квартир. Таким образом, обеспечивается формирование комфортной жилой среды для молодых семей (рис. 2).

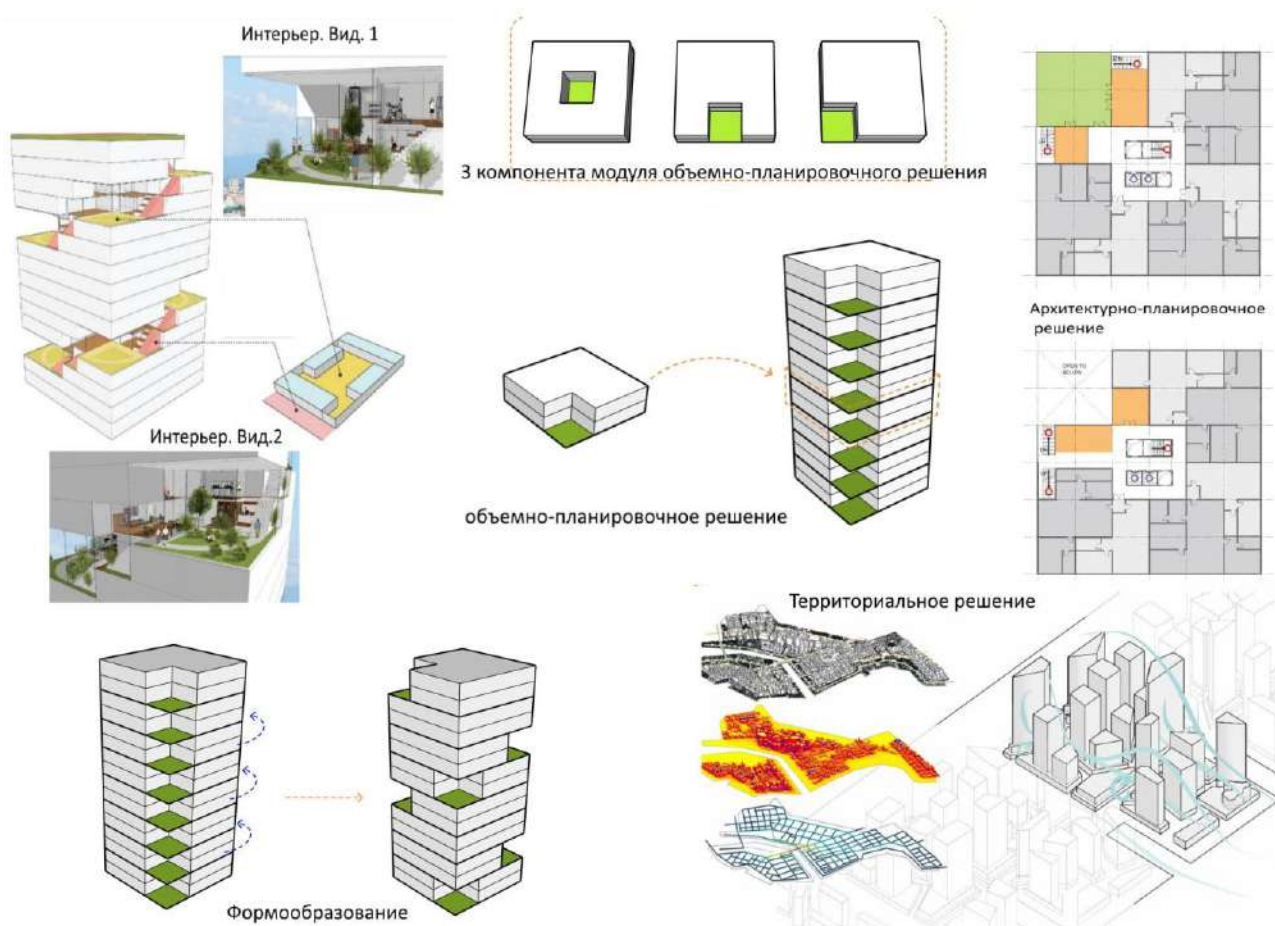


Рис. 2. Концепция развития проектирования многофункциональных жилых комплексов для молодых семей. Модули жилой среды

ВЫВОДЫ

Таким образом, на основе симбиотического подхода формируется модель устойчивого развития многофункциональных комплексов для молодых семей. Формируя концептуальное решение выделим 5 основных принципов проектирования:

- 1 - *оптимизации проектных решений* – выбор оптимального варианта;
- 2 - *вариативности формообразования* – разная компоновка объемно-планировочных модулей;

- 3 - *социальной адаптации* - приспособление к изменяющимся условиям состава семьи и возрастных характеристик детей;
- 4 - *трансформации пространства* – наличие дополнительных мобильных конструкций в интерьере для изменения пространства,
- 5 - *унификации квартирографии* – оптимальное решение типов квартир с учетом социально-демографических характеристик молодых семей. Данные принципы задают параметры моделирования универсальных типов жилой ячейки в составе многофункциональных жилых комплексов для молодых семей.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-312-90033/20

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Правительства Москвы от 06.04.2004 № 461-ПП (в ред. От 16.06.2009) «О порядке списания части долга участникам Московской программы «Молодой семье – доступное жилье» за предоставленное по договору купли-продажи жилое помещение».
2. *Янковская Ю.С.* "Зеленая архитектура" и устойчивое развитие жилой среды современного города: монография // Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2020
3. *Вавилонская Т. В.* «Архитектурно-историческая среда Самарского Поволжья: формирование, состояние, концепция докторская диссертация 05.23.21
4. *Кияненко К. В.* Архитектура и социальное моделирование жилища: диссертация: диссертация доктора архитектуры. Вологда, 2005 г. 370с.
5. *Анисимов Л. В.* Принципы формирования архитектуры адаптируемого жилища: диссертация кандидата архитектуры МАРХИ. Москва, 2009 г 139 с.
6. *Сапрыкина Н.А.* Динамическая адаптация архитектурных объектов. Диссертация на соискание доктора архитектуры 18.00.02, с. 77, 1999.
7. *Овсянникова Н. В.* Архитектурно-пространственная организация среды досуга в жилище: диссертация кандидата архитектуры ЦНИИЭП жилища. Москва, 1990. С. 174
8. *Солодилова Л. А.* Архитектурная организация детского досуга в новых жилых районах: диссертация кандидата архитектуры ЦНИИЭП жилища. Москва, 1988. С. 198
9. *Wagner, Tomasz; Andrzejewski, Piotr* Innovative approaches to housing complex for post-modern society. examples based on didactic projects *11th architecture in perspective 2019/11 ARCHITEKURA V PERSPEKTIVE*: Ostrava, Czech Republic, 2019, pp. 196-200
10. *Mohammadian, Z., Shahbazi, M.* Study of the effect of sustainable architecture on the design of residential buildings (Case study: Qazvin Pardis complex). *Civil and Environmental Engineering*, Iran, 2018, no 14(2), pp. 91-98
11. *Gyurkovich, M; Sotoca, A* Quality of Social Space in Selected Contemporary Multifamily Housing Complexes in Poland's Three Biggest Cities *3rd World Multidisciplinary Civil Engineering, Architecture, Urban Planning Symposium Prague, Czech Republic, 2019, no 471 DOI:10.1088/1757-899X/471/9/092009*
12. *Johann, S., Kurzrock, B.-M.* Efficient development of revitalization concepts based on the example of multi-family buildings from the 1970s. Germany, *SPRINGER-V D*, 2018, no 93(6), pp. 223-232.

THE ECONOMIC EFFICIENCY OF GREEN REAL ESTATE DEVELOPMENT PROJECTS IN VIETNAMESE CITIES

Hai Uyen Doan

Moscow state university of civil engineering

Abstract

Investors and customers assume that “green real estate” is only suitable for high-end projects, which have higher implementation costs than non-green housing investments, plus a green building certification fee implemented by international organization. In mega-cities, for example Hanoi and Ho Chi Minh city, population densities are high and the land is expensive and scarce. Therefore, “green building” development is facing certain difficulties. Through analyzing “green real estate” projects, this article provides a positive point of view to middle-class “green real estate” projects, if applied synchronize green solutions.

To deploy “green real estate” projects, it has to bring economic efficiency to investors and customers. Analyzing and evaluating the effectiveness of “green real estate” projects implemented in Hanoi and Ho Chi Minh city is necessary to show the economic efficiency in the short-term and effectiveness in the long-term to investors, government and citizens.

This is an important premise to propose solutions improving investment efficiency by optimizing design, reducing implementation costs, using local materials and raising public awareness about economic efficiency of green building to develop “green real estate” in Vietnam.

INTRODUCTION

Green building development is a trend in order to adapt to climate change, increasing energy consumption and natural resource depletion. The biggest obstacle to investing in green building development is higher implementation costs than others, and awareness of the economic efficiency brought by green buildings to real estate developers, customers and society.

In some cases, through considering financial efficiency in the short-term, “green real estate” doesn’t bring obvious economic efficiency. However, in the long-term, the efficiency is obvious, especially by reducing energy consumption and improving the living environment and citizens health.

Evaluating and understanding about overall efficiency in the lifecycle of green buildings contribute to the “green real estate” development projects in mega-cities in Vietnam.

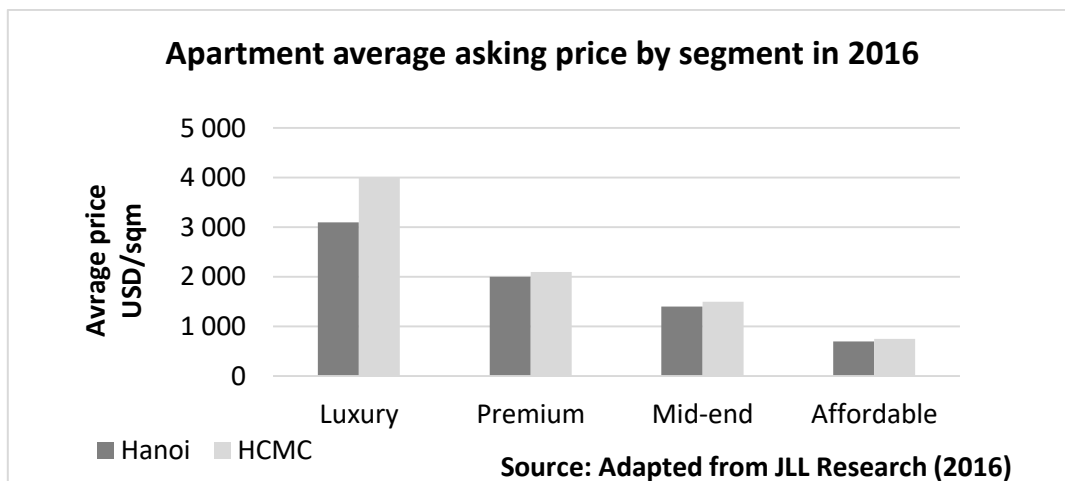
LITERATURE REVIEW

Along with high and stable economic growth, Vietnam’s urbanization rate has rapidly increased recently, from 23,6% in 1999 to 30% in 2009 and predicted to 45% in 2025. In this circumstances, green living environment is the dream of mega-cities citizens in Vietnam, for example in Hanoi and Ho Chi Minh city. The first 500-hectare green urban area (Ecopark) has been developed since 2009 with a total investment cost up to US\$7 billion, expected to be deployed for 20 years to 2029, brings remarkable success to investors in the first step. [1]. Real estate business in green living environment area brings high profits to investors. According to real estate consulting firm “Savills”, “West Lake” area in Hanoi, located between “Red river” and “West Lake”, has rental costs higher than the market average 27% and occupancy rate up to 80%. 3- bedroom

apartment with “West Lake” view has rental price \$ 3,000 / month, B-class apartment 100 m² in Xom Chua area rents at \$ 1,600 / month. [2].

World Green Building Trends 2018, a report from Dodge Data & Analytics, shows optimistic predictions about the development of green construction works in Vietnam. Such works now account for 13 percent of total works at this moment, but the figure is expected to double to 24 percent by 2021.

Table 1. The apartment average asking price by segment in 2016 [3]



“Green building” brings economic benefits obvious. "Green building" investment cost is about 5% higher than conventional building ones of the same type, the highest is about 15%, but the "green building" operational expenditure will be more economical than conventional construction ones from 20% to 30% due to the economical use of energy, clean water, and other costs. Therefore, after only 4-5 years of operating the "green building", the saved amount can offset the investment capital. Since the 5th year, the total saving running cost is increasing more and more [4].

From the perspective of real estate supply and demand, CBRE Vietnam's representative said that green building is the right trend and has been proven around the world with many benefits. Among the prominent projects in Hanoi, ones of the world-class mega-city are Vinhomes Ocean Park (developer Vingroup) and Imperia Sky Garden apartment complex (developer MIK Group). [5].

Capital House said that green buildings' investment costs increase by 1% to 5% depending on the type of building and EDGE or Lotus certification. [6]. They believe that Green Building is suitable for all segments, especially the affordable segment, and needs to apply green solutions from the beginning and look at the whole project life cycle instead of look at the initial investment cost.

Table 2. Increased investment costs in the green projects of Capital House

No	Project	Increased investment costs	Certificate
1	Ecolife Capitol	3%	EDGE - home
2	EcoHome Phuc Loi	1-1.5%	EDGE - home
3	EcoHome 3	1-1.5%	EDGE - home
4	Ecolife Riverside	1-1.5%	EDGE - home
5	EcoHome Nhon Binh	1-1.5%	EDGE - home

6	Genesis School	5%	LOTUS Non Residential -GOLD
7	Capital House Office	5%	LOTUS Interiors - Certified
8	Sales Center	5%	LOTUS small Interiors - Certified

The concept of “green building” has been appeared in Vietnam recently, by the second quarter of 2020, the total number of green buildings in Vietnam certified by LEED, EDGE and LOTUS only stopped at 146 projects, in which approximately 2 million m2 certified by EDGE.

Table 3. Green building certification systems in Vietnam [7]

	EDGE	LEED	LOTUS	TOTAL
Number of certified projects	39	79	28	146
Gross Floor Area (GFA) of certified projects	1.995.439	878.002	331.161	3.206.603

Compared to other developing countries in the area, the number of green buildings in Vietnam is considered too modest. In Korea, green building market development has seen a remarkable growth since 2013. In 2015 in Seoul, approximately 50% new construction projects (based on total floor area) achieved G-SEED certification – the Korean green building certification program with basic elements similar to the LEED of USA.

MATERIALS AND METHOD

According to many experts, constructing green buildings has 4 groups of additional costs:

1) Design (including architecture, design and consulting) and construction costs

Construction costs include hard costs and soft costs. Hard costs include expenses directly related to the physical construction of a building. They are associated with the building’s structure, the construction site, and the landscape,... Soft costs include everything from architecture, inspection, accounting, and engineering fees to permits, taxes and legal fees, marketing fees,...

2) Registration and Evaluation fees (submitted to evaluators and certifiers): usually negligible compared to the total construction investments. This cost covers entire process from evaluation design to evaluation completion and updating operating data. Registering green building evaluation with a professional evaluator not only increases transparency and reliability to the market, but also keeps projects on track according to the objectives of green building,

3) Green building coordinator costs

4) Costs for the optimizing project performance process

- Energy modeling costs: energy modeling enables the project team to pre-test design options and systems, evaluate energy efficiency versus investment costs. Energy modeling brings the most benefits when applied from the beginning of the design stage.

- Testing and commissioning costs

- Green equipment and materials costs: the additional cost of using green equipment and materials starts to become significant if the project targets Gold or Platinum level.

Despite of higher investment costs, recently, many developers who have grasped the trends and needs of "green real estate" of young and potential customers have successfully implemented many “green” projects with unique and diverse product lines. One of the prominent projects in Hanoi is Vinhomes Ocean Park (developer Vingroup). Vinhomes Ocean Park is a modern

civilization urban planned in accordance with international standards, with 420ha of total area, 19% of the building density, 117ha of green and water surface area, and water surface area about 55ha.



Fig. 1. Sea with salt water is 6.1ha wide, the central lake is 24.5 ha [10]

Vinhomes Ocean Park is deployed with a record fast progress from 2018 to 2021, a green, modern, and synchronized design which is welcome by potential customers the Millennials generation. Vinhomes Ocean Park provides product lines with an average and reasonable price (\$1,150/m² for an apartment with an area of 28m² to 106 m² and \$3,000/m² for a semi-detached house or Villa with an area of 90m² to 500m²). [10]

“Green building” brings obvious economic benefits. According to a study (2016) of the Building Environment Research Center, University of California, "green" office buildings have improved labor productivity and increased employee satisfaction many times.

While a life cycle of a building is 50 -100 years, it will save a lot of costs and energy. Green buildings bring significantly higher selling prices, up to 31% or more than that, and sell faster than traditional buildings. In addition, green buildings also have higher occupancy rates - up to 23% compared to traditional buildings and bring higher income from renting houses. With less water and electricity consumption, the operational expenditure can be up to 37% lower than traditional constructions [11].

Due to rising construction costs, many investors believe that green buildings are only for high-end housing when customers have high affordability, but green housing development by many developers shows a more positive view. Capital House developer recommends that Green buildings are very suitable for affordable housing with reasonable prices. [6].

Table 4. Project Ecohome 3 gets the EDGE Green Certificate [6]

Project scale	Benefits	Increased investment costs
- Location: The West of Hanoi	- Energy savings: 25% (1,7 million MWh/year, 230.000\$/year) - Water savings : 36%	- Total investment increased 1% - 1,5%, equivalent 830.000\$.
- Site area 67,000 m ²		
- Density of building 30%		
- 5 blocks, 31-35 floors		
- 3.744 apartments		

- Area 39,9 m ² -76,7 m ²	(98,500 m ³ /year, 30.000\$/year)	
- Price: 700\$/m ²		
- Procedure: Third quarter of 2020		

Through learning the experience of developing many green real estate projects, it is clearly seen that business efficiency is shown in many aspects as follows: 1) Good Price; 2) Fast consumption time; 3) High brand value; 4) Access to Green finance. The survey at the HAUSNEO green housing project in District 9 Ho Chi Minh City (EDGE Certificate) also showed that the construction difference cost increased by 1%, but the effect is enormous: fast sales, secondary market price increase by 25% in 16 months.

RESULTS

Nowadays, citizens are more and more interested in green environment. Normally, green buildings' investment costs increase by 1% to 5%, minority increases up to 30%, however, operational expenditure will be more economical than conventional construction ones from 20% to 30%. Constructions use mostly local, environmentally friendly materials, contribute to reducing CO₂ and effects of climate change.

To decreasing investment costs, investors need to operate a 5-step process throughout the project life cycle, including Green planning - Green design - Green construction - Green operation - Green lifestyle.

Green projects developed recently show obvious economic efficiency to investors and citizens. Projects certified “green building” have higher selling prices and sell faster than traditional buildings.

According to experiments from actual previous projects, experts believe that a project can achieve LOTUS Certified to Silver by minimizing additional costs through synchronized solutions from design and construction:

- Set goals to achieve Green Building Certification from the first phase of the project;
- Work with an experienced design and construction team, especially in the field Green Building;
- Apply Integrated Design Process from pre-design to inspection, project operation, financial analysis, ...;
- Use power-saving LED lighting system;
- Use water-efficient equipment;
- Use unburnt bricks for room partitions
- Use local materials

During construction phase, contractors need to manage and follow green building criteria, related to following activities:

- Environmental Pollution prevention
- Carbon emissions management
- Recycling and reusing construction materials
- Indoor air quality management plan (IAQ)

DISCUSSIONS, CONCLUSIONS

One of the biggest difficulties and obstacles of investing green real estate development is the awareness about high costs. Synchronous research to evaluate, analyze costs and benefits of green building for investors and real estate developers is essential.

In order to promote green building needs to convey strong messages to real estate investors, banks and finance directors, who only consider about immediate profits (net income (NI)) and internal rate of return (IRR) instead of long-term financial benefits and life cycle costs.

Reports and analyzes need to show strong links between the projects' green elements and real estate valuation models. By applying scientific and technological advances in design and construction, green building additional costs are not the biggest obstacle, specifically designs with energy modeling reduce energy costs up to 30%, but don't increase construction costs.

REFERENCES

1. *Hai, Doan Duong (2016)*, Specifics of Housing Construction in Vietnam and Its Outlook. Real estate: economics, management. № 4/2016. ISSN 2073-8412, 69-72;
2. *Hai, Doan Duong (2017)*. Environmental Aspects of Quality Improvement and living comfort in Vietnam. Real estate: economics, management. №1/2017. ISSN 2073-8412, 82-85;
3. *Thuong Le, Tuan Tran, Truc Truong*. Towards Eco-Social Housing in Vietnam: Challenges and Opportunities. MATEC Web of Conferences **193**, 01001 (2018);
4. *Pham Ngoc Dang (2014)*. Những lợi ích to lớn và lâu dài của xây dựng công trình xanh và đề xuất các giải pháp phát triển. Chuyên đề Tăng trưởng xanh - Tạp chí Môi trường 2014;
5. *Hai, Doan Duong (2020)*, Green real estate development in Vietnamese cities: investment opportunities. Real Estet: Economics, Management. 2/2020. ISSN 2073-8412.
6. *Trinh Tung Bach (2020)*, Experience for green housing development in VietNam, Vietnam green building week 2020.
7. *Nguyen Trung Kien (2020)*, Green building market in VietNam: From gearing to take – off, Vietnam green building week 2020.
8. *Chungha Cha (2020)*, Phân tích Chi phí và Lợi ích của công trình xanh, Vietnam Green Building Council (VGBC)
9. Vietnam Green Building Council. <https://vgbc.vn/>
10. Vingroup material. <https://vinhomes.vn/vinhomes/vinhomes-ocean-park.html>
11. *Hoang Son*. Cơ hội đầu tư 17,8 nghìn tỷ USD vào công trình xanh ở châu Á-Thái Bình Dương. thuonggiaonline.vn, (2019);

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Е.В. Носорев, Н.А. Макиша

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Предмет исследования: Резкий рост населения и качества жизни в последние 10 лет привели к постоянно растущей потребности в системах очистки сточных вод. Проектирование и применение новых трубопроводов с меньшими затратами средств на установку и долгосрочную эксплуатацию, а также их техническое обслуживание станет важнейшим фактором в ближайшем будущем для внедрения лучших стратегий сохранения окружающей среды.

Цели: Сравнительный анализ жизненного цикла для четырех основных различных типов материалов трубопроводов для сточных вод: стеклопластик, ПВХ, ВЧШГ и бетон.

Материалы и методы: Для проведения сравнительного анализа применяется метод анализа жизненного цикла, который позволяет оценить потенциальное воздействие продукта или процесса на окружающую среду. Он имеет определённые границы исследования, необходимые для упрощения и систематизации данных.

Результаты: Из рассмотренных материалов труб ВЧШГ оказывает наибольшее воздействие на окружающую среду, а ПВХ оказывает наименьшее воздействие.

Выводы: Полученные выводы позволяют оценить потенциальное воздействие разных материалов трубопроводов на окружающую среду.

ВВЕДЕНИЕ

Городское население растет с каждым годом, и вода, как основная потребность человека, теперь имеет совершенно новое значение. Люди используют воду не только для прямого потребления, но и для производства продуктов и услуг, продуктов питания и кормов для животных и т.п. [1]. Поскольку 52% населения мира в настоящее время проживает в городских районах, управление круговоротом воды в городах (как воды, так и сточных вод) становится чрезвычайно важным [2].

Большая часть сетей трубопроводов находится в плохом состоянии, и с каждым годом они становятся только хуже. Данная ситуация с сетями водоснабжения и водоотведения объясняется тем, что срок использования труб в большинстве районов соответствует или превышает предполагаемый срок службы, составляющий 50-100 лет [3]. Согласно опросам, в среднем имеется около 16% «неучтенных» утечек воды, а некоторые утечки могут достигать до 50%. Утечка воды не только влияет на окружающую среду и здоровье человека, но также значительно увеличивает расход воды.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Прочность и долговечность водопроводной системы зависит от качества ее составных частей и качества монтажа. Материалы имеют решающее значение в прочности и деградации конструкции трубы, а в зависимости от качества монтажных работ могут влиять на провисания, протечки и рост корней [4]. Т.о. огрехи при монтаже многократно увеличивают

потребность в периодическом обслуживании труб, что, конечно, негативно сказывается на окружающей среде.

Текущее решение многих проблем с сетями водоснабжения и водоотведения заключается в улучшении характеристик трубопроводов и увеличения их жизненного цикла. Это даёт следующие преимущества: более низкие затраты на установку, уменьшение утечек воды, коррозионную стойкость и сокращение технического обслуживания в течение всего срока службы трубопроводных сетей [5]. В этом исследовании для канализационных трубопроводов были рассмотрены четыре различных материала: ВЧШГ, бетон, ПВХ и стеклопластик.

Таблица 1. Основные преимущества и недостатки материалов

Материал	Преимущества	Недостатки
ВЧШГ	Хорошо выдерживает перепады давления	Дорогой
Бетон	Мало корродирует, широкая доступность	Относительно хрупкий, тяжёлый
ПВХ	Не корродирует, лёгкий	Подходит только для сетей с малым напором
Стеклопластик	Не корродирует, лёгкий	Относительно дорогой

Причина выбора этих материалов состоит в том, что это самые популярные материалы для трубопроводов в системах сточных вод, и поэтому мы рассмотрим их сильные и слабые стороны в сравнении друг с другом.

ПВХ и стеклопластик представляют собой экономичную альтернативу обычным материалам, а их транспортировка, монтаж и эксплуатация часто обходятся дешевле [6-8]. С каждым годом растёт обеспокоенность по поводу влияния различных материалов на окружающую среду, поэтому крайне важно учитывать экологические воздействия этих материалов [6,9].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Главной целью исследований в области городских сточных вод обычно были очистные сооружения, но почти отсутствует информация о сетях водоотведения. При этом важным вопросом становится применение каждого предлагаемого материала с точки зрения воздействия на окружающую среду в будущем.

Основная цель этого исследования состоит в том, чтобы количественно оценить воздействие канализационной системы на окружающую среду и определить наиболее экологически безопасную стратегию проектирования для малых и средних городов с населением 200 000 человек. Конкретные задачи для достижения этой цели заключаются в следующем:

- Определение воздействия этапов производства, транспортировки, монтажа при помощи метода анализа жизненного цикла;
- Составление плана использования различных материалов труб и получение количественной оценки и сравнения воздействия материалов канализационных сетей на окружающую среду;

- Разработка наиболее экологически безопасной стратегии проектирования канализационных трубопроводов;

Анализ жизненного цикла определяется Агентством по охране окружающей среды США как методология оценки потенциального воздействия на окружающую среду, связанного с продуктом или процессом, на протяжении всего срока службы. Этот метод позволяет оценивать воздействие продуктов на окружающую среду исходя из применяемых в них материалов.

Сравнительный анализ часто используется для определения того, какой продукт имеет наибольшие преимущества с точки зрения охраны окружающей среды.

Предполагая, что в городе с населением 200000 человек производится 0,3 кубических метра сточных вод на человека в день, функциональная единица в этом анализе может быть определена как сеть, необходимая для сбора и транспортировки стоков: $200000 * 0,30 * 365 * 50 = 1095000$ тыс. кубических. метров сточных вод из города за 50 лет. Установление границ исследования анализа жизненного цикла - важный шаг, который напрямую связан с систематизацией данных и результатами. Краткая системная граница системы трубопроводов сточных вод показана на Рисунке 1.

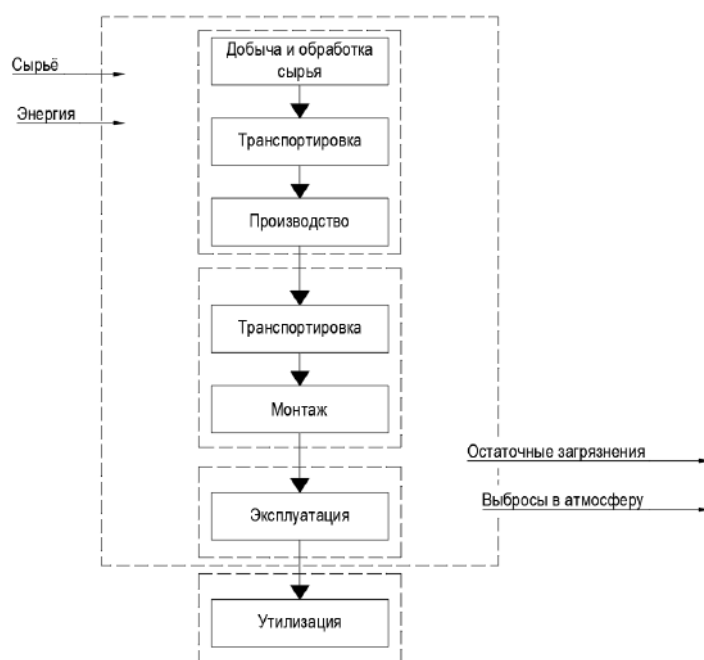


Рис. 1. Граница исследований жизненного цикла

Как показано на рисунке 1, утилизация или окончание срока службы не учитывается в границах системы для всех материалов, и не учитываются расходы на восстановление или стоимость утилизации. Жизненный цикл канализационных труб включает четыре этапа: приобретение сырья и изготовление труб, транспортировка, монтаж и эксплуатация. Этап производства – это процесс обработки сырья и изготовления труб.

Второй этап – это процесс транспортировки, который включает в себя пройденное расстояние, типы транспортных средств и расход топлива. Транспортировка является одним из самых ресурсоемких этапов создания сетей водоотведения, однако это зависит от

конкретных условий, например, транспортной протяженности [4]. На этапе монтажа труб в основном учитывается расход топлива на рытье траншеи.

Этап эксплуатации выражается на потерях на трение при перекачке воды и затратах энергии на эксплуатацию труб. Завершающим этапом строительства канализационных труб являются процессы утилизации и вторичной переработки. Появляются системы повторного использования труб, например, использованный бетон используется для строительства фундаментов дорог. Поэтому этапы утилизации должны включаться в сбор данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. ВЧШГ

Этап производства высокопрочного чугуна оказывает наибольшее влияние на окружающую среду. Это связано с большим количеством материалов и энергии, которые требуются на этапе производства ВЧШГ. Хотя вклад других этапов обычно намного ниже по сравнению с этапом производства, этапы транспортировки и монтажа оказывают заметное воздействие, особенно в категории респираторных заболеваний. Этап эксплуатации практически не влияет на различные категории воздействия.

2. Бетонные трубы

Этап производства бетонных труб оказывает максимальное влияние на большинство категорий. Одной из возможных причин этого может быть тот факт, что бетон требует больших затрат энергии и материалов на этапе производства. Поскольку эти трубы тяжелые, как упоминалось ранее в таблице 1, этап транспортировки оказывает существенное влияние на ископаемое топливо, которое в первую очередь используется для транспортировки.

Поскольку бетонная пыль, содержащая цемент и кристаллический кремнезем, может раздражать дыхательную систему, также присутствует значительное влияние этапов монтажа и транспортировки на респираторные заболевания. Этап эксплуатации был практически незначителен с точки зрения воздействия на окружающую среду.

3. Трубы из ПВХ

Этап производства труб из ПВХ оказывает наибольшее влияние на окружающую среду по сравнению с другими этапами. Процессы производства труб из ПВХ потребляют много материалов и энергии, что может быть причиной того, что этап производства имеет наивысшее влияние на окружающую среду. Транспортировка труб из ПВХ оказывает сравнительно небольшое воздействие на природу. Этап монтажа является вторым по влиянию на окружающую среду. Этап эксплуатации труб из ПВХ практически не оказывает воздействия на окружающую среду.

4. Стеклопластиковые трубы

В целом, как и в предыдущих материалах, этап производства труб из стеклопластика оказывает максимальное влияние на окружающую среду, как можно увидеть на диаграмме.

5. Сравнение этапов производства

Стадия производства была специально выбрана для исследования, потому что эта стадия оказала максимальное влияние на окружающую среду для всех материалов. Этап производства ВЧШГ оказался самым опасным для окружающей среды, оказывая наибольшее влияние почти на все категории. Несмотря на то, что этап производства высокопрочного чугуна оказывает значительное влияние на истощение озонового слоя, производство стеклопластика считается наиболее пагубным производством, влияющим на истощение озонового слоя.

Хотя производство труб из стеклопластика и ПВХ также повлияло на окружающую среду, но повлияло оно не так сильно, как ВЧШГ.

ВЫВОД

В этом исследовании использовался подход анализа жизненного цикла для сравнения экологических характеристик четырех различных материалов трубопроводов при использовании их в сетях водоотведения. Определено влияние этапов производства, транспортировки, монтажа и эксплуатации на окружающую среду. Основные результаты выглядят следующим образом:

- Этап производства оказывает максимальное на окружающую среду; Ископаемое топливо является наиболее уязвимой зоной во всех системах трубопроводов.

- Этап производства оказывает максимальное влияние на различные категории, и этот этап оказал наибольшее влияние на экологическую токсичность и ископаемые виды топлива.

- Для высокопрочного чугуна, стеклопластика и ПВХ ископаемое топливо является самой большой зоной воздействия, в то время как бетон оказывает наибольшее влияние на экологическую токсичность.

- Из четырех труб ВЧШГ оказывает максимальное воздействие, а ПВХ оказывает минимальное воздействие на большинство из этих областей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *P.H. Gleick*. Basic water requirements for human activities: Meeting basic needs // *Water Int.* 1996. Т. 21. Вып. 2. С. 83-92.
2. *Closas, M. Schuring, and D. Rodriguez*. Integrated urban water management: lessons and recommendations from regional experiences in Latin America, Central Asia, and Africa. // *The World Bank*, 2012. № 75043.
3. *A.N. Tafuri, A. Selvakumar*. Wastewater collection system infrastructure research needs in the USA. // *Urban water*. 2002. Т. 4. Вып. 1. С. 21-29.
4. *S. Sægrov, L. S. Hafskjold and R Ugarelli, SINTEF*, P. Kristiansen and T. Skaug*. Life Cycle Cost based selection of materials for wastewater networks // 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK, 2008.
5. *F.J. Dennison, A. Azapagic, R. Clift, & J.S. Colbourne*. Life cycle assessment: Comparing strategic options for the mains infrastructure—Part I. // *Water Sci. Technol.* 1999. Т. 39 Вып. 10. С.315-319.
6. *D.A. Savic and G.A. Walters*. Evolving sustainable water networks // *Hydrolog. Sci. J.* 1997. Т. 42. Вып. 4. С. 549-564.
7. *M. Lundin, M. Bengtsson, and S. Molander*. Life cycle assessment of wastewater systems: influence of system boundaries and scale on calculated environmental loads // *Environ. Sci. Technol.* 2000. Т. 34. Вып. 1. С. 180-186.
8. *Hollaway, L. C.* A review of the present and future utilization of FRP composites in the civil infrastructure with reference to their important in-service properties. // *Constr. Build. Mater.* 2010. Т. 24. Вып. 12. С. 2419-2445.
9. *H. Faria and R.M. Guedes*. Long-term behavior of GFRP pipes: Reducing the prediction test duration // *Polym. Test.* 2010. Т. 29. Вып. 3. С. 337-345.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА «КОМПЛЕКС ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ»

Р.Ю. Рукавишников, М.Ю. Мишланова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

В статье представлено обоснование целесообразности реализации инвестиционно-строительного проекта комплекса переработки отходов (КПО). Предметом исследования является комплекс, теоретических, методологических, и практических вопросов, и проблем, эффективной реализации инвестиционных проектов по строительству, объектов обращения с отходами. Целью исследования является разработка и обоснование эффективности строительства Комплекса переработки отходов, с использованием наилучших доступных технологий и способов переработки отходов, для дальнейшей экстраполяции полученного, положительного опыта, на другие объекты обращения с отходами. В статье использовались традиционные методы научных исследований: системный подход, обзор информационных источников, элементы статистического анализа, информационный синтез, моделирование и теоретический эксперимент. В результате проведенной работы был разработан инвестиционно-строительный проект комплекса переработки отходов и доказана экономическая, экологическая и социальная эффективность его реализации.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях перманентного экологического и экономического кризиса остро встают вопросы уменьшения вреда от образуемых твердых коммунальных отходов с получением положительных эффектов (в т. ч. экономических). Сложившееся положение требует пересмотра и коренного изменения концепции обращения с твердыми коммунальными отходами, разработки новых, (основанных на, научно обоснованных и практически проверенных) способов переработки, (в т. ч. их модернизации), определение видов и направлений инвестирования в отрасли переработки отходов. Актуальность темы исследования обуславливает необходимость разработки эффективных инвестиционных проектов в этой сфере.

Сущность разрабатываемого проекта заключается в создании на отведенном земельном участке предприятия по переработке твердых коммунальных отходов (ТКО), имеющего согласованное сочетание разработанных технологий. Комплекс переработки отходов представляет собой группу объектов, включающую здания, сооружения и соответствующее технологическое оборудование, которые объединены энергетическими и материально-сырьевыми потоками, и связями. Строительство данного комплекса позволит сократить объемы мусора, вывозимого на полигоны; получить максимальный выход продукции (в виде товарных продуктов) и вторичного сырья в цепи рециклинга; перевести переработку мусора из затратной в доходную статью бюджета.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основными видами деятельности предприятия согласно ОКВЭД являются: обработка и утилизация отходов - ОКВЭД 38.2 (обработка и утилизация неопасных отходов - ОКВЭД 38.21); деятельность по обработке вторичного сырья - ОКВЭД 38.3 (утилизация отсортированных материалов - ОКВЭД 38.32); производство прочей неметаллической минеральной продукции - ОКВЭД 23.

Производственная мощность объекта, регулируется территориальной схемой обращения с отходами Московской области. Минимальная мощность размещаемого объекта определена решением Совета депутатов городского округа г. Рошаль – не менее 350 тыс. тонн в год. Однако, благодаря инновационным технологиям переработки представляется возможным повысить производственную мощность до 400 тыс. тонн отходов в год, при этом, сократив объем ежегодно поступающих на захоронение отходов.

К регулируемым видам деятельности относятся: обработка ТКО, обезвреживание ТКО, захоронение ТКО. Осуществление данных видов деятельности предусматривает предоставление, услуги по обработке и захоронению отходов. К другим видам деятельности относятся: переработка отсортированных отходов во вторичное сырье, обработка вторичного сырья, изготовление конечной продукции (строительных материалов) из вторичного сырья.

Сортировка отходов производится по специально разработанной технологической схеме, (рис.1) в соответствии с морфологическим составом отходов, позволяющей выделить из общей массы, максимальное количество полезных компонентов, и минимизировать количество отходов, направляемых на захоронение.

В соответствии с разработанными технологическими схемами определены объемы оказываемых услуг и производимой продукции (Табл. 1).

Таблица 1. Прогноз производства продукции комплекса переработки отходов

Наименование	Количество (тонн в год)
Захоронение отходов	59257
Макулатура прессованная	49444
Лом черного металла	11760
Лом цветного металла	3910
Текстиль прессованный	7282
Стекольный бой	38049
ПЭТ/ПЭТФ/ПС прессованный	14117
ПП/ПНД/ПВХ прессованный	8992
Пластиковая пленка (ПВД/ПВХ) прессованная	18280
RDF топливо прессованное	37017
Строительный материал	21872
Биогумус	137549

Проектируемое производство размещается в границах отведенного участка на северо-востоке от городской застройки г. Рошаль. Данный участок выбран в соответствии с территориальной схемой обращения с отходами Московской области, и закреплен постановлением администрации городского округа Рошаль от 16 января 2018 года №17. Исходя из функциональных и технологических требований разработана схема планировочной организации земельного участка.

Административно-хозяйственная зона: контрольно-пропускной комплекс (КПК); административно-бытовой комплекс (АБК); склад готовой продукции; вспомогательные здания и сооружения (ВЗ). Технологическая зона: комплекс сортировки отходов (КСО); комплекс производства строительных материалов (КПСМ); комплекс ферментации био-разлагаемых отходов (компостирования) (КФ); участок размещения «хвостов» ТКО – полигон. Техничко-экономические характеристики зданий и сооружений приведены в табл. 2.

Таблица 2. Техничко-экономические характеристики зданий и сооружений

Параметр	КПК	АБК	Склад	ВЗ	КСО	КПСМ	КФ	Полигон
Длина (м)	---	54	36	---	162	36	160	504

Ширина (м)	---	18	36	---	72	18	100	250
Площадь застройки (кв. м.)	314,6	972	1296	1002	11664	648	16000	126000
Этажность (шт.)	---	2	1	---	1	1	1	---
Площадь общая (кв. м.)	314,6	1944	1296	1092	11664	648	16000	126000
Высота этажа (м)	---	3	6	---	9	6	3	---
Строительный объем (куб. м.)	476,6	5832	7776	5551,2	104976	3888	48000	126000
Количество	---	1	1	---	1	1	1	---
Стоимость строительства (тыс. руб.)	7031	65266	19330	86659	256359	13914	216862	193142

Помимо возведения зданий и сооружений, СМР по проекту предусматривают установку инженерных коммуникаций. Затраты на установку инженерных коммуникаций составляют: 246234 тыс. руб.

Общий срок реализации проекта составляет 24 года, с 2021 по 2045 гг. Работы первых двух этапов реализации проекта выполняются с 2021 по 2024гг.:

- подготовительный этап – проектно-изыскательские работы, привлечение капитала, урегулирование юридических вопросов;
- этап создания производства - подготовка территории, возведение временных зданий и сооружений, строительство запроектированных зданий и сооружений (табл. 3), приобретение и установка технологического и прочего оборудования, пуско-наладочные работы, введение объекта в эксплуатацию.

Таблица 3. Распределение объемов строительства и затрат во времени

Наименование/год	2021			2022			2023			2024		
	% готов	затраты (тыс. руб.)	строит. объем м3	% готов	затраты (тыс. руб.)	строит. объем м3	% готов	затраты (тыс. руб.)	строит. объем м3	% готов	затраты (тыс. руб.)	строит. объем м3
КПК	20%	1406	95	100%	5624	381	100%	0	0	100%	0	0
АБК	60%	39160	3499	100%	26107	2333	100%	0	0	100%	0	0
Вспомогательные здания	10%	8666	555	55%	38996	2498	95%	34663	2220	100%	4333	278
Склад	0%	0	0	40%	7732	3110	100%	11598	4666	100%	0	0
КСО	25%	64090	26244	65%	102543	41990	90%	64090	26244	100%	25636	10498
КПСМ	10%	1391	389	45%	4870	1361	70%	3479	972	100%	4174	1166
Комплекс ферментации	0%	0	0	30%	65059	14400	90%	130117	28800	100%	21686	4800
Полигон	0%	0	0	40%	77257	50400	85%	86914	56700	100%	28971	18900
Инженерные коммуникации	0%	0	---	45%	110805	---	90%	110805	---	100%	24623	---
Всего		65481	26633		360534	108151		395405	112716		105091	35364

Этап эксплуатации (2024–2044 гг.) включает выведение производства на запланированную мощность и поддержание производственной мощности, производство и реализацию продукции, предоставление услуг на протяжении всего этапа эксплуатации. Этап завершения реализации проекта (2044–2045гг.) включает завершение этапа эксплуатации, и определение дальнейшего будущего проекта.

Проект предлагается реализовывать на основе концессионной формы государственно-частного партнёрства (рис. 3), которая содержит наибольшие преимущества как для частного, так и для публичного партнера. Структура источников финансирования: собственные средства - 36%, бюджетные средства - 28%, заёмные средства – 23%, инвестиции - 13%.



Рис. 3. Схема финансирования проекта

Доходы от реализации проекта (табл. 4) генерируются в результате сбыта производимой продукции и оказания услуг по захоронению отходов. Сбыт произведенной продукции осуществляется предприятиям, изготавливающим из вторичного сырья новые виды товаров, строительным компаниям, частным застройщикам. В случае невозможности полной реализации произведенной продукции, (в соответствии с соглашением), не реализованную её часть выкупает публичный партнер.

Таблица 4. Доходы от реализации производимой продукции

Наименование товара	Цена за ед. (тыс. руб./тонн)	Доход в год (тыс. руб.)
Макулатура прессованная	5000	247218
Лом черного металла	15000	176400
Лом цветного металла	22000	86029
Текстиль прессованный	3000	21846
Стекольный бой	2000	76097
Полимеры в т. ч.		
ПЭТ/ПЭТФ/ПС прессованный	8000	112936
ПП/ПНД/ПВХ прессованный	8000	71938
Пластиковая пленка (ПВД/ПВХ) прессованная	8000	146239

RDF топливо прессованное	2000	74034
Строительный материал из твердых отходов ТКО	1875	41010
Биогумус	600	82529
Всего		1136276

Потребителем услуги захоронения отходов является региональный оператор. Предоставление услуги осуществляется на возмездной основе, в размере установленного тарифа 1600 руб. за тонну размещаемых ТКО. Тариф рассчитывается индивидуально для каждого объекта обращения с отходами, и устанавливается комитетом по ценам и тарифам, включает затраты на сортировку, обработку и размещение ТКО. Согласно произведенному ранее расчету объемов ТКО, поступающих на захоронение, годовой доход, от предоставления услуги составит: 91163 тыс. руб.

Затраты на реализацию проекта условно можно разделить на две категории – затраты на создание проекта и затраты на эксплуатацию проекта.

Для закупки оборудования в 2024 году планируется использование заёмного финансирования. Размер кредита составит 460 млн. руб., срок кредита – 5 лет, процентная ставка – 10% годовых, способ выплаты – аннуитетный. Ежегодные выплаты по кредиту составит: 117 283 686 руб в год. (Общая сумма переплаты за пользование кредитом составит: 126 418 434 руб.).

На основании интегрирования потоков денежных средств определены основные показатели эффективности и финансовой состоятельности проекта (табл. 5, рис. 4).

Таблица 5. Финансовые потоки 2021-2045гг. (тыс. руб.)

Статья доходов/расходов	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030-2045
Капитальные затраты в т. ч.:										
Затраты на отчуждение земли	-105577									
Проектно-изыскательские работы	-44192									
Подготовка территории к строительству	-33144									
Установка временных зданий и сооружений	-27620									
СМР зданий, сооружений и инж. сетей	-114713	-438994	-441666	-109424						
Строительный контроль	-1606	-6146	-6183	-1532						
Непредвиденные затраты	-2294	-8780	-8833	-2188						
Прочие расходы	-1147	-4390	-4417	-1094						
Приобретение, монтаж и установка производственного оборудования				-386810						
Пусконаладочные работы				-38681						
Приобретение прочих машин и механизмов				-246782						
Эксплуатационные затраты в т. ч.:										
Фонд оплаты труда					-266040	-266040	-266040	-266040	-266040	-266040
Страховые взносы					-80344	-80344	-80344	-80344	-80344	-80344
Амортизация технолог. Оборуд.					-25213	-25213	-25213	-25213	-25213	-25213
Амортизация машин и механизмов					-24678	-24678	-24678	-24678	-24678	-24678
Амортизация зданий и сооружений					-55240	-55240	-55240	-55240	-55240	-55240
Материальные издержки в т. ч.:										
Жидкое стекло					-31493	-31493	-31493	-31493	-31493	-31493
Электроснабжение					-129750	-129750	-129750	-129750	-129750	-129750

Водоснабж./водоотвед./канализ					-1170	-1170	-1170	-1170	-1170	-1170
Топливо и ГСМ					-48618	-48618	-48618	-48618	-48618	-48618
Доходы от реализации проекта										
Доходы от продажи товаров					1136276	1136276	1136276	1136276	1136276	1136276
Доходы от оказания услуг					91163	91163	91163	91163	91163	91163
Иные Притоки/оттоки										
Кредит				460000						
Выплаты по кредиту				-117284	-117284	-117284	-117284	-117284		
Финансовые потоки										
Поток финансов до налогообложения	-330293	-458309	-461100	-443796	447610	447610	447610	447610	564894	564894
Налог на прибыль (20%)	0	0	0	0	-89522	-89522	-89522	-89522	-112979	-112979
Поток финансов после налогообложения	-330293	-458309	-461100	-443796	358088	358088	358088	358088	451915	451915

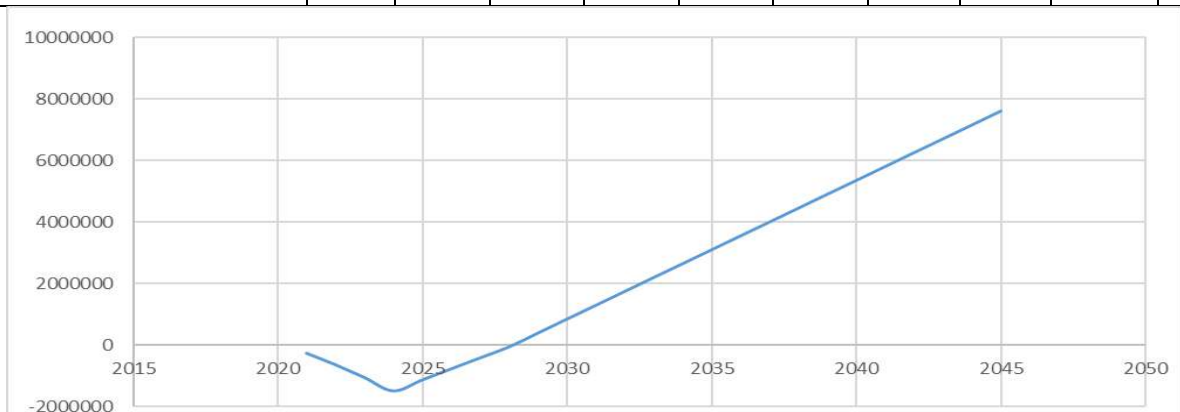


Рис. 4. Накопительный финансовый поток (тыс. руб.)

При полной реализации чистая прибыль составит 9114908 тыс. руб. отношение чистой прибыли к общей сумме доходов от реализации товаров и услуг (26236234 тыс. руб.) составит 35%. Отношение чистой прибыли к общей сумме капитальных вложений (2036213 тыс. руб.) после 20-ти лет эксплуатации составит 4,5 раза или 448%

Таблица 6. Показатели эффективности проекта

Общая сумма капитальных вложений (тыс. руб.).	2036213
Общая сумма эксплуатационных затрат (тыс. руб.).	13913463
Сумма выплат по кредиту (тыс. руб.).	586420
Финансовые оттоки за весь период реализации проекта (тыс. руб.).	16536097
Кредит (тыс. руб.).	460000
Доходы от реализации продукции и услуг за весь период реализации проекта (тыс. руб.).	26236234
Финансовые притоки за в за весь период реализации проекта (тыс. руб.).	26696234
Прибыль до налогообложения за весь период реализации проекта (тыс. руб.).	11393635
Срок окупаемости инвестиций с начала эксплуатации (лет)	4,5
Рентабельность проекта	35%

ВЫВОДЫ

Таким образом, предлагаемый проект позволяет не только решить ряд экологических проблем, но и получить существенную экономическую выгоду. Явное преимущество такого проекта, обеспечивают применяемые прогрессивные технологии переработки отходов. Например, возможности комплекса расширяются до изготовления конечной готовой продукции из отсортированного вторичного сырья, при этом не значительно усложняя технологический процесс переработки отходов. Конкурентоспособность проекта достигается как за счет инновационных технологических решений, так и за счет правильного выбора схемы финансирования и рациональной организации процесса реализации проекта. Данные выводы подкрепляются положительными показателями финансовой эффективности проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».
2. Федеральный закон от 28.12.2016 N 486-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
3. Федеральный закон от 31.12.2017 N 503-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».
4. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 07.04.2020) «Об отходах производства и потребления» (с изм. и доп., вступ. в силу с 14.06.2020).
5. Федеральный закон «О концессионных соглашениях» от 21.07.2005 N 115-ФЗ
6. Федеральный закон «О промышленной политике в Российской Федерации» от 31 декабря 2014 г. N 488-ФЗ.
7. Постановление Правительства от 16.07.2015 № 708 «О промышленной политике в Российской Федерации» и регулируется еще рядом подзаконных актов.
8. *Мишланова М.Ю.* Элементы государственного девелопмента в развитии социальных объектов // Экономика и предпринимательство. 2016. С. 605-738.
9. *Рукавишников Ю. Ю.* Формирование режима эксплуатации месторождений при комплексном использовании попутных ископаемых: диссертация кандидата технических наук: 05.15.03. - Москва, 1983. 348 с.
10. *Мишланова М.Ю. Рукавишников Р.Ю.* Анализ инвестиционных проектов в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами // Сборник материалов I Межвузовской научно-практической конференции факультета экономики и управления. Санкт-Петербург, 2020.
11. Федеральный закон «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг» от 27.07.2010 N 210-ФЗ.
12. *Толстолесова Л.А.* Механизм государственно-частного партнерства в системе управления отходами: российская практика // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2019 №4.
13. Постановление Правительства РФ от 30 05 2016 № 484 «О ценообразовании в области обращения с твердыми коммунальными отходами».

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Р.Ю. Рукавишников, М.Ю. Мишланова, Ю.Ю. Рукавишников

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Предмет исследования: данная работа посвящена изучению возможности утилизации отходов строительного производства путем изготовления из них строительных материалов.

Цель исследования: основной целью исследования является разработка технически, технологически, и экономически обоснованного способа утилизации твердых отходов строительного производства, с получением материалов, отвечающих необходимым требованиям.

Результаты исследования: в ходе исследования была разработана технология изготовления строительных материалов из различных видов отходов. На основании предлагаемой технологической схемы, изготовлены опытные образцы, на которых проведены лабораторные испытания с целью получения информации об их технико-технологических характеристиках. Кроме того, было проведено исследование структуры полученных материалов на микроскопическом уровне. По итогам испытания были отобраны наиболее показательные образцы, которые представлены в настоящей статье.

Выводы: по результатам исследования сделаны выводы о целесообразности и эффективности применения разработанной технологии в качестве способа утилизации строительных отходов.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях интенсификации развития строительной отрасли и увеличения объемов выполняемых строительно-монтажных работ остро встает вопрос о способах утилизации возрастающих объемов, отходов строительного производства. Вместе с тем, актуальной, для строительной отрасли остается повестка разработки новых видов строительных материалов, с целью улучшения их технико-технологических характеристик и удешевления, в целом себестоимости строительства.

Эффективным способом утилизации строительных отходов, на наш взгляд, является их переработка в новые виды строительных материалов. Главным направлением исследования, является поиск простой, но надежной и экономически эффективной технологии их изготовления, позволяющей при малых капиталовложениях достичь значительной производительности по утилизации отходов строительного производства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основой исследования является научно-практический эксперимент. Проведенные лабораторные исследования в результате которых были получены положительные результаты, позволили разработать технологию утилизации отходов строительного производства различного фракционного и компонентного состава, (в т. ч. тонкодисперсных фракций). Разработанная технология, получила «рабочее» название: «ТСОМ-1».

Данная технология позволяет изготавливать из отходов строительного производства, теплоизоляционно-конструкционные и отделочные, материалы, заданных форм и размеров, с улучшенными качественными характеристиками. Виды строительных изделий и требования к ним приведены в таблице 1.

Таблица 1. Требования, предъявляемые к физико-техническим характеристикам изготавливаемых строительных материалов

Параметр	Ед. изм.	Стеновой камень лицевой	Стеновой камень рядовой	Плита облицовочная	Плита утеплительная
Объемная масса γ_o	г/см ³	<1,9	<1,9	≤1,2	≤1,2
Прочность на сжатие $\sigma_{сж}^{сух}$	кг/см ²	25-100	25-100	25-100	25-100
Прочность на изгиб $\sigma_{изг}^{сух}$	кг/см ²	10-15	10-15	10-15	5-10
Водопоглощение весовое $B_{вес}$	(вес %)	≤20-30%	≤20-30%	≤20-30%	≤20-30%
Водопоглощение объемное $B_{об}$	Объемн. %	≤24-30%	≤24-30%	≤24-30%	≤24-30%
Коэффициент размягчения $K_{разм}$		0,7	0,5	0,7	0,5
Морозостойкость $M_{см}$	Кол-во циклов	15-25	10-25	15-50	10-15
Коэффициент морозостойкости $K_{мрз.}$		0,75	0,75	0,5	0,5
Теплопроводность: λ	Вт/м. град.	<0,7-0,8	<0,7-0,8	<0,5	<0,5
Размеры	См.	13,8x12x25	13,8x12x25	12x50x50	12x50x50

В результате анализа теоретических исследований и практического опыта производства строительных материалов, а также проведенного нами цикла поисковых экспериментов, было установлено, что изготовление ряда строительных материалов из отходов, требует применения, наполнителей, связующих, заполнителей и других, (вариативно), добавок.

В качестве связующего могут быть использованы: цемент, известь, смолы, жидкое стекло и др. Однако, ввиду повышенного расхода цемента, для получения материалов, с заданными технико-технологическими характеристиками, а также необходимости применения автоклавной технологии изготовления изделий на основе известковых вяжущих, дороговизны использования различных смол, и ряда других причин – для данной технологии в качестве связующего, было выбрано жидкое стекло.

Таким образом в ходе эксперимента для изготовления строительных материалов использовались следующие компоненты:

- Наполнитель – тонкодисперсная фракция минерального происхождения с удельной поверхностью $S_{уд} = 2000 - 3500$ г/см². (в качестве наполнителя применялись

измельченные отходы строительного производства (кварцевый песок, молотый строительный лом, молотый керамический лом; молотый стекольный бой и др.)

- Крупный наполнитель – куски минеральной фракции крупностью $d = 5 - 30$ мм; .
- Мелкие добавки – органические и/или минеральные добавки крупностью $d = 5 - 10$ мм; (В качестве мелких добавок применялись древесные опилки).
- Связующее – жидкое стекло с модулем $M_{ж.ст.} = 2,5 - 3,5$ и плотностью $\rho_{ж.ст.} = 1,1 - 1,5$ г/см³

Основным методом технологического воздействия на твердые отходы строительного производства, является температурная обработка смеси, состоящей из мелкоизмельченного материала и адгезива (жидкого стекла).

Контролирующими процессами экспериментальных работ по изготовлению и подготовке являются методы испытания строительных изделий и контроля готовности смесей к дальнейшей переработке. Испытания образцов строительных изделий и смесей производилось согласно требованиям соответствующих ГОСТов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе исследования было протестировано 3 варианта исходной смеси (весовые %):

- 1) Связующее + тонкий наполнитель, в пропорции: 15-25%/85-75%.
- 2) Связующее + тонкий наполнитель + наполнитель, в пропорции: 15-25%/35-25%/30-50%.
- 3) Связующее + тонкий наполнитель + органические добавки, в пропорции: 15-25%/75-65%/5-10%.

При этом содержание в смеси глинистых частиц не более 20% по весу. Влажность исходных компонентов (нормальная) естественная $W_n = 10 - 15\%$.

Из вышеописанных смесей, были изготовлены образцы заданных форм и размеров:

- 5,5x5,5x5,5 см;
- 6,5x12x25 см;
- 13,8x12x25;
- 12x50x50.

Термическая обработка производилась в промышленных сушильных шкафах при температурных режимах, представленных в таблице 2.

Таблица 2. Температурные режимы обработки материалов (варианты)

Температура °С		Время обработки (мин)					
		30 мин	60 мин	90 мин	120 мин	150 мин	180 мин
		1	2	3	4	5	6
400 С	1	1;1	1;2	1;3	1;4	1;5	1;6
300 С	2	2;1	2;2	2;3	2;4	2;5	2;6
200 С	3	3;1	3;2	3;3	3;4	3;5	3;6
150 С	4	4;1	4;2	4;3	4;4	4;5	4;6

В процессе проведенных экспериментов, были получены следующие результаты:

Нагревание смеси жидкого стекла с тонкодисперсными наполнителями приводит к её поризации (вспучиванию) и дальнейшему формированию «камня» пористой структуры с достаточной механической прочностью до 3,5-7,0 МПа.

Добавление в смесь крупных заполнителей позволяет повысить механическую прочность «камня» до 10-12 МПа.

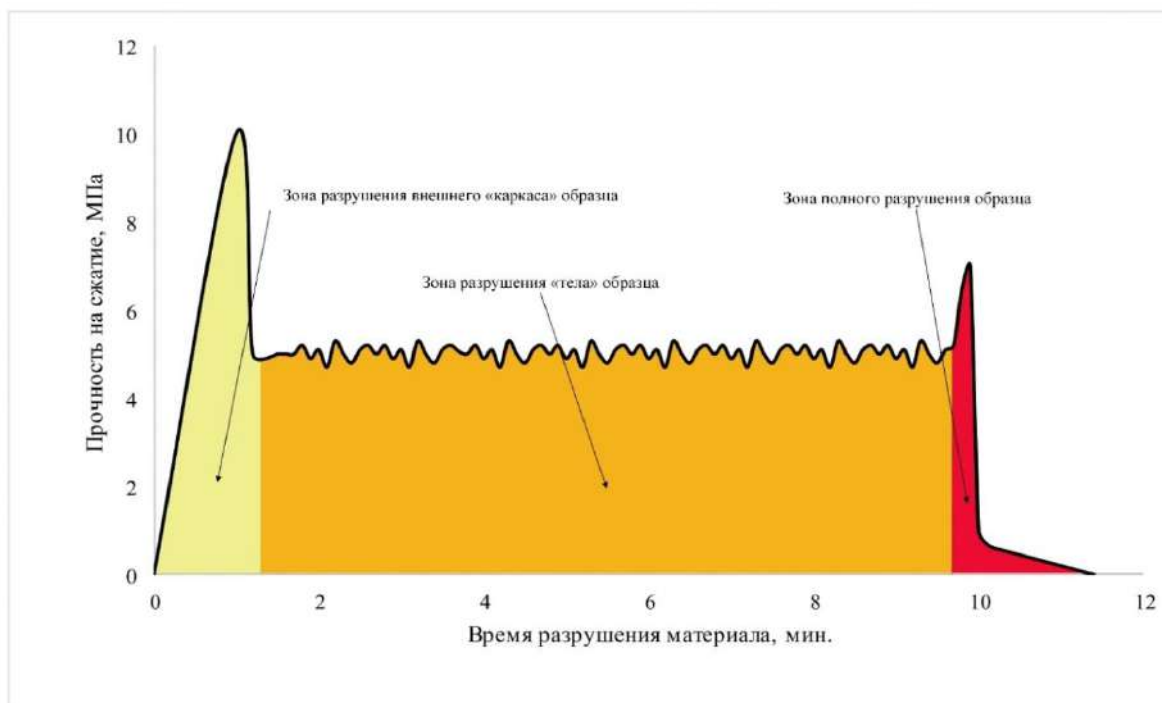


Рис. 1. Эпюра разрушения образцов в зависимости от времени разрушения (усредненные значения)

Упрочнение структуры получаемого «камня» достигается за счет механического уплотнения внутренних межпоровых перегородок, где происходят переориентация частиц наполнителя под действием возникающего в порах давления (рисунок 2).



Рис. 2. Строение межпоровых перегородок получаемого материала при 70х увеличении

Минимальная начальная температура поризации смеси равна: $T_{всп} = 60,0 - 80^{\circ}C$;

Предельная температура термообработки изготавливаемого материала $T_{обр} = 450^{\circ}\text{C}$;

Дальнейшее увеличение приводит:

- К образованию пустот внутри камня в результате возникновения значительного температурного градиента, приводящего к «вскипанию» жидкой фазы смеси.
- К чрезмерным термомеханическим напряжениям в формируемом камне в период его «закалки» и образованию в нем трещин.
- К ослаблению связей между частицами наполнителя и адгезива в результате потери смесью связанной влаги.

Конечным результатом увеличения температуры, свыше указанного предела, является снижение механической прочности и водостойкости испытуемых образцов.

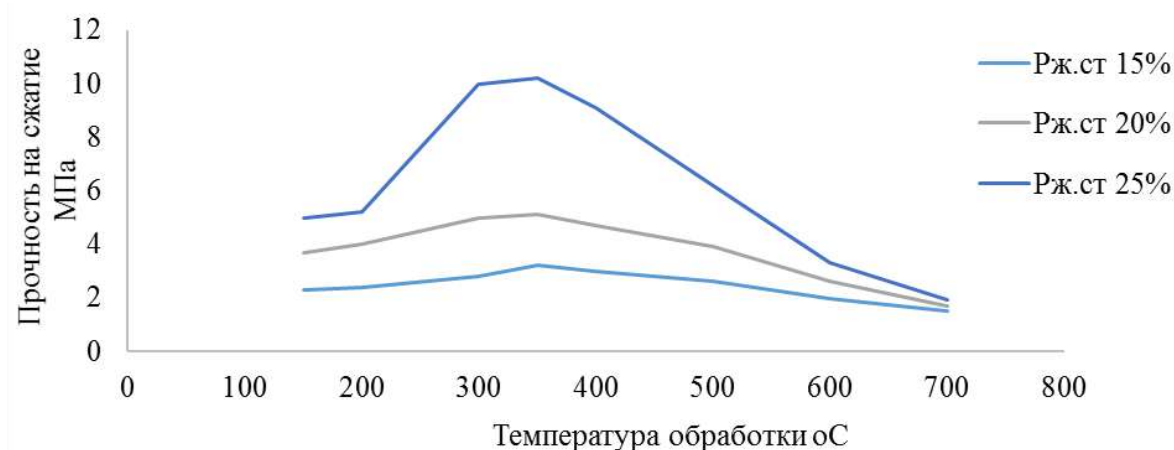


Рис. 3. График зависимости прочностных характеристик строительных материалов от температуры изготовления (усредненные значения)

Рабочие температуры термообработки смеси находятся в диапазоне: $T_p = 150 - 350^{\circ}\text{C}$

Порядок изменения температур в рассматриваемом диапазоне, в основном влияет на объемный вес, характер пористости и водостойкость материалов (при прочих равных условиях), при этом оптимальными вариантами следует считать 2;3-2;5, 3;3-3;6, 4;4-4;6 (см. табл. 1)

Время полного цикла обработки зависит от следующих факторов:

- температуры – термообработка смеси при $T_p = 150^{\circ}\text{C}$ ($t_{обр} = 2,5 - 3,0$ часа), тогда, как при $T_p = 350^{\circ}\text{C}$ - ($t_{обр} = 1,9 - 2,3$ часа).

- размеров образца – при увеличении линейных размеров образцов наблюдалось увеличение времени термообработки. Для образцов с размерами: 5,5x5,5x5,5 см; 6,5x12x25 см; 13,8x12x25 см время термообработки при $T_p = 350^{\circ}\text{C}$ имеет значения соответственно $t'_{обр} = 30$ мин $t''_{обр} = 2 - 2,5$ часа $t'''_{обр} = 3 - 4$ часа.

- величины формовочной влажности W_{ϕ} - с увеличением формовочной влажности с 15% до 35% время термообработки в рабочем диапазоне температур, (при прочих равных показателях) возрастает с 2 часов до 3-3,5 часов.

- количества органических добавок (опилок) – увеличение содержания органических добавок в смеси до 10% по весу, приводит к сокращению времени термообработки с 2-2,5 часов до 0,8-1,2 часа

- количества крупного заполнителя – добавление в смесь крупных заполнителей до 50% по весу позволяет улучшить условия прогрева и поризации смеси, и приводит к сокращению времени термообработки с 2,5-3,0 часов до 1,6-2,0 часов.

Охлаждение расформованных образцов в принудительном режиме приводит к чрезмерным термомеханическим напряжениям внутри камня, что приводит к потере ими прочности в результате образования трещин. Технологическая схема производства представлена на рисунке 4.

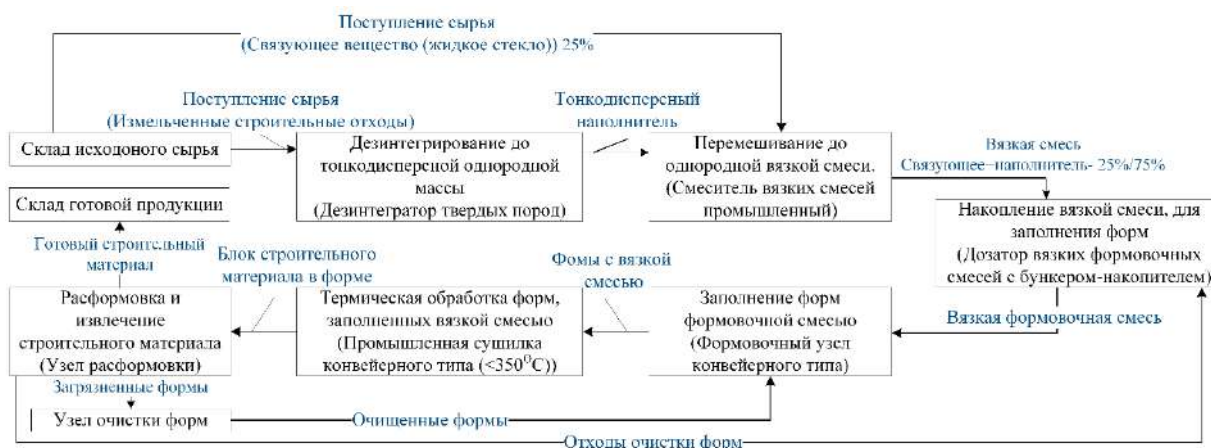


Рис. 4. Технологическая схема производства строительных материалов из отходов

Наиболее показательными являются образцы, представленные в таблице 3.

Таблица 3. Физико-технические характеристики изготовленных образцов

	Ед. изм.	Смесь №1	Смесь №2	Смесь №3
Тип		Стеновой блок	Стеновой блок	Облицовочная плита
Размер	См.	13,8x12x25	13,8x12x25	12x50x50
Температура обработки	°С	300	300	300
Объемная масса γ_0	г/см ³	1,2-1,5	1,45-1,95	1,1-1,3
Коэффициент размягчения: $K_{разм}$		0,4-0,7	0,5-0,81	0,14-0,6
Теплопроводность λ	Вт/м	0,4-0,6	0,64-0,91	0,46-0,56
Прочность на сжатие $\sigma_{сж}^{сж}$	МПа	4-9	4,0-12,0	1,0-6
Прочность на изгиб $\sigma_{изг}$	МПа	1,6-3,5	1,6-3,8	1,6-3,0

Фотографии иллюстрирующие эксплуатационные свойства изготовленных образцов представлены на рисунке 5 (а, б).



Рис. 5. Экспериментальные образцы строительных материалов

ВЫВОДЫ

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

Проведение процесса термообработки при $T_p > 400^\circ\text{C}$ нецелесообразно ввиду снижения прочностных характеристик камня.

При изготовлении вышеописанных изделий, возможным заключительным этапом термообработки является «закалка» камня при $T_{\text{зак}} = 400^\circ\text{C}$ в течение $t_z = 15 - 35$ мин (для смесей без органических добавок). Охлаждение целесообразно производить на воздухе под навесом, защищенном от ветровых нагрузок в формах с интервалом снижения температуры $T_{\text{охл}} = 100^\circ\text{C} / 60$ мин.

Для улучшения прочностных характеристик камня, сокращения времени термообработки и снижения расхода связующего компонента (как наиболее дорогостоящего), целесообразно добавление в смесь крупных заполнителей, (как щебня, так и пористых отходов).

С целью улучшения теплоизоляционных свойств материала, (получение теплоизоляционного материала), снижения объемной массы и сокращения времени термообработки целесообразно добавление в смесь опилок в количестве менее 5-10%. Однако, при этом снижается водостойкость камня и его прочность.

Для получения теплоизоляционных плит с лучшими показателями теплопроводности необходимо введение в смесь 30% опилок. Однако, в этом случае получается материал с низкой механической прочностью и не водостойкий.

Для улучшения водостойкости изготавливаемых материалов, целесообразно применение гидрофобизаторов в качестве которых могут выступать: известняковое или цементное молоко, хлористый кальций, и др.

Выбранные температурные режимы термообработки и составы смесей позволяют получить конструктивно-теплоизоляционные и декоративные материалы с характеристиками, удовлетворяющими необходимым требованиям.

Из всего вышеизложенного можно заключить, что предлагаемый способ утилизации отходов строительного производства, является эффективным сразу по нескольким направлениям. Техническая эффективность заключается в малом количестве используемого в процессе производства оборудования, и соответственно в сравнительно малом потреблении энергии этим оборудованием.

Технологическая эффективность выражается в простоте (применяемых) технологических процессов. Так, применение в качестве связующего - жидкого стекла имеет ряд преимуществ:

- технологичность и простота изготовления как самого жидкого стекла, так и строительных материалов на его основе;
- высокая производительность процессов производства;
- возможность получения строительных материалов с наперед заданными технологическими свойствами и характеристиками;
- возможность использования в качестве исходного сырья компонентов с широким диапазоном качественного состава;
- применение без обжиговой технологии изготовления строительных изделий и организации их производства практически в любых условиях.

Период (цикл) изготовления вышеуказанных изделий составляет – 2-2,5 часа, (для сравнения: период изготовления обжигового кирпича занимает 4-5 суток).

Такой период изготовления изделий позволит интенсифицировать процесс утилизации отходов строительного производства при относительно небольших строительных мощностях перерабатывающего предприятия, а также обеспечить возможность варьирования режимов потребления с широким диапазоном производимых видов изделий без существенных дополнительных капиталовложений и эксплуатационных издержек. Все это обуславливает высокую экономическую эффективность предлагаемой технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куликов В.Г., Колесниченко М.П., Гаевец Е.С. Проектирование технологий конструкционных теплоизоляционных пенокомполитов // Научно-практический Интернет-журнал «Наука.Строительство. Образование». 2012.
2. Кравцова М., Васильев А., Кравцов А. Анализ методов утилизации отходов строительства с последующим вовлечением их во вторичный оборот // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015.№. 4
3. Рукавишников Ю. Ю. Формирование режима эксплуатации месторождений при комплексном использовании попутных ископаемых: диссертация кандидата технических наук: 05.15.03. - Москва, 1983. 348 с.
4. Бариевский Е., Величко Е., Цховребов Э., Ниязгулов У. Вопросы эколого-экономической оценки инвестиционных проектов по переработке отходов в строительную продукцию // Вестник МГСУ. 2017 №3
5. Цховребов Э. Эколого-экономические аспекты планирования размещения и проектирования промышленных объектов по обработке, утилизации, обезвреживанию отходов // Вестник МГСУ. 2018 №11 (122). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologo-ekonomicheskie-aspekty-planirovaniya-razmescheniya-i-proektirovaniya-promyshlennyh-obektov-po-obrabotke-utilizatsii> (дата обращения: 10.03.2021).

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ SCRUM-КОМАНДЫ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА

С.С. Саакян, М.С. Пантелеева

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Предмет исследования: Любая отрасль экономики на сегодняшний день должна быть особенно гибкой по отношению ко всем институциональным изменениям, включая новые мотивационные решения и подходы к решению слабоструктурированных проблем. Строительная отрасль, как фондообразующая отрасль экономики РФ, особенно заинтересована проявлять лояльность по отношению к многочисленным партнерам и готовность внедрять новые подходы по управлению проектами и продуктами, используя опыт реализации проектов в других отраслях. Наиболее доступным и эффективным подходом для повышения уровня своей конкурентоспособности и увеличения добавленной стоимости строительных компаний является сосредоточение руководства компаний на формировании собственных уникальных проектных групп. В этой статье предлагается использовать опыт IT-сектора по формированию внутренней инфраструктуры проектных групп с помощью внедрения методов гибкого проектного управления - Agile-методологии. В частности, была рассмотрена возможность создания и внедрения в реализацию инвестиционно-строительного проекта популярной в IT-секторе Scrum-команды проекта.

Цели: Целью настоящего исследования является изучение возможных путей внедрения инфраструктуры IT-сектора, Scrum-команды проекта в строительную отрасль.

Материалы и методы: Исследование осуществлялось на основе применения общенаучных методов исследования в рамках сравнительного, логического и статистического анализа, а также посредством анализа структуры, динамики и др.

Результаты: Результаты этого исследования показывают, что Scrum имеет большой потенциал применения в сфере проектирования и планирования в строительстве.

Выводы: Авторами сформирована концептуальная модель Scrum-команды строительного проекта на этапе проектирования и рассмотрены перспективы внедрения Scrum на других этапах жизненного цикла проекта.

ВВЕДЕНИЕ

При создании основных фондов одной из самых серьезных проблем, которую отмечают все участники строительного процесса, является учет непредвиденных обстоятельств – рисков [1]. Для уменьшения количества непредвиденных событий, менеджеры проектов обычно используют шаблоны, контрольные списки работ и модели вех проекта [2]. Такой подход к управлению проектами называется последовательным. Он направлен на детальное планирование инвестиционно-строительного проекта и позволяет выполнить его с минимально-допустимыми отклонениями [3]. Создание необходимого плана работ часто требует значительных ресурсов еще до начала фактического строительства. Очень часто процесс планирования затягивается так, что к моменту начала фазы выполнения, план уже

необходимо пересматривать из-за измененных требований проекта и рыночной инфраструктуры [4]. В этом случае важно, чтобы предложенный план был достаточно гибким. Гибкость плана, а, следовательно, и менеджмента определяется как «способность создавать и реагировать на изменения для получения прибыли в беспокойной деловой среде» [5]. Наиболее яркий пример гибкости плана – это иной взгляд на риски: ни как на проблему, а как на дополнительную возможность получения прибыли. Следовательно, гибкий подход в проектном управлении выгоднее традиционного, поскольку исключается ресурсоемкое детальное планирование с самого начала проекта [3, 5].

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Авторы опираются на исследования и публикации как зарубежные, так отечественные, которые указывают на то, что инфраструктура ИТ-сектора, Scrum-команды проекта очень привлекательна и его применение пользуется большим успехом в ряде сфер, однако в строительной сфере на сегодняшний день он слабо освещается.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования является инфраструктура ИТ-сектора, Scrum-команды проекта. Примененные методы исследования, заключались в анализе имеющейся литературы, касающейся объекта исследования в целом, изучении и обобщении преимуществ применения объекта исследования, а также рекомендации по его использованию в строительной сфере.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Scrum – один из гибких методов управления проектами. Он был создан Сазерлендом и Швабером в период с 1993 по 1995 год [6], и их работа сильно повлияла на Agile Manifesto [7], который устанавливает двенадцать принципов и четыре ключевые ценности для всех гибких методов управления проектами [8,9].

Scrum основывается на изучении фактов, опирается на непосредственное наблюдение и эксперимент, он предполагает прозрачность, проверку и адаптацию [10].

Scrum – это когда меньшими усилиями можно достичь большего. Наиболее эффективный инструмент Scrum – это Scrum-команда. Формирование Scrum-команды происходит следующим образом:

1) выбор владельца продукта, в его задачи входит: понимать, что нужно потребителю, принимать ключевые решения по воплощению замысла продукта, взаимодействовать с командой и клиентом, разрешать спорные моменты, составлять бэклог;

2) сбор членов Scrum – команды: 5-9 человек обладающих необходимыми компетенциями, чтобы воплотить замысел, способных продолжать работу, в случае если один из членов группы сойдет с дистанции. сильные и лучшие команды отличаются 3 характеристики: неустанное стремление к совершенствованию, самостоятельность/инициативность и разносторонность;

3) назначение Scrum-мастера. в его ведении обеспечивать кристальность процесса, выявлять и ликвидировать препятствия, мешающие работе, организовывать встречи/собрания, стремиться сделать работу команды еще лучше.

Для применения Scrum в строительной отрасли следует учесть ряд особенностей:

- иметь хорошее представление о том, как работает Scrum, и с самого начала вовлечь все стороны (команду проектировщиков, Scrum master, заказчика, руководство и др. стейкхолдеров);

- создать четкий и исчерпывающий список отставаний, недостатков по проекту с элементами и задачами;

- проверять, обновлять и адаптировать элементы предлагаемого решения перед каждым планированием спринта;

- использовать planning poker для всех предлагаемых решений, в том числе при внесении изменений в проект;

- посещать все мероприятия Scrum, даже членам команды разработчиков, работающим над проектом неполный рабочий день;

- своевременно принимать решения владельцу проекта в каждом обзоре спринта, чтобы не задерживать команду разработчиков (проектировщиков) [11].

Постоянная проверка и адаптация нового процесса с использованием Scrum со временем начнет оказывать положительное воздействие, и в дальнейшем усовершенствует процесс управления. Scrum не предназначен для планирования каждой детали, он позволяет адаптироваться под существующие, непредвиденные, в том числе неблагоприятные условия, и действовать по мере необходимости, минимизируя риски, и извлекая максимальную прибыль из них [12].

Scrum применим в сферах, которые связаны со сложными продуктами, неопределённостью, стабильной изменчивостью. Преимущественно Scrum-фреймворки практикуют в разработке программного обеспечения, однако принципы использования технологии удобно применять к командной работе любого направления. Методология Scrum побуждает команду к более активной и плодотворной работе в проекте, способствует находить новые точки роста и стремиться к постоянному совершенствованию своих знаний и навыков.

Scrum метод может легко применяться в реализации строительных проектов, так как сегодня происходит активное внедрение в практику управления инвестиционно-строительными проектами BIM-технологий, которые предполагают появления новой специализации (новой профессии) BIM-менеджера, т.е. такого участника команды инвестиционно-строительного проекта, который сочетает в себе и компетенции инженера, и компетенции менеджера, и компетенции IT, и компетенции экономиста, и компетенции сметчика. Поиск такого разностороннего специалиста сегодня слишком сложная задача для HR-отделов, гораздо «проще» подобрать Scrum-команду, где все участники обладают взаимозаменяемыми компетенциями, с разным уровнем развития. Если грамотно переназначать руководителя инвестиционно-строительного проекта и функциональных руководителей отдельных процессов или ресурсов по проекту, то можно добиться эффекта гибкой Scrum-команды, которая дает максимально эффективные результаты на каждом этапе жизненного цикла проекта.

На рисунке 1 представлена авторская концептуальная модель формирования Scrum-команды для всех фаз жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта.

Фаза инициализации проекта	Фаза планирования проекта	Фаза реализации проекта	Фаза завершения проекта
Состав команды проекта I: 1 С (K1) – роль 1 2 С (K2) – роль 2 3 С (K3) – роль 3 4 С (K4) – роль 4 5 С (K5) – роль 5 n С (K n) – роль n	Состав команды проекта II: 1 С (K1) – роль 2 2 С (K2) – роль 3 3 С (K3) – роль 4 4 С (K4) – роль 5 5 С (K5) – роль 1 n С (K n) – роль n	Состав команды проекта III: 1 С (K1) – роль 5 2 С (K2) – роль 4 3 С (K3) – роль 2 4 С (K4) – роль 1 5 С (K5) – роль 3 n С (K n) – роль n	Состав команды проекта IV: 1 С (K1) – роль 4 2 С (K2) – роль 5 3 С (K3) – роль 1 4 С (K4) – роль 3 5 С (K5) – роль 2 n С (K n) – роль n
SI	SII	SIII	SIV

Рис. 1. Концептуальная модель формирования Scrum-команды инвестиционно-строительного проекта

Условные обозначения: 1С ...nС – сотрудник команды проекта; K1...Kn – набор компетенций отдельного сотрудника команды проекта; роль 1...роль n – функционал сотрудника команды проекта; SI...SIV – состав команды проекта с акцентом на компетенции; Q – объем СМР по договору ИСП; CPP – структура разбиения работ по фазам проекта.

Суть данной модели заключается в том, что выполнение объема строительно-монтажных работ ($Q_{смр}$), можно выразить через набор компетенций команды проекта, закрепленных за отдельными видами работ по проекту, утвержденных в структуре разбиения работ (в CPP) (см. формулу 1):

$$Q_{смр} = f(CPP; \text{компетенции членов команды проекта}) = f(SI; SII; SIII; SIV) \quad (1)$$

При этом функционал каждого члена команды проекта можно составить из сочетаний компетенций ($K1...Kn$), соответствующих данному члену команды проекта ($1С ...nС$), или разбить функционал между теми членами команды проекта, которые в совокупности имеют необходимый набор компетенций.

При таком подходе управление строительной компании полностью уходит от принципа – «незаменимых людей нет» - и создает такие условия реализации инвестиционно-строительного проекта, при которых каждый участник команды проекта выполняет на определенной фазе проекта ту роль, которая соответствует его компетентностной линейке и тем видам работ, которые закреплены за рассматриваемой фазой проекта.

ВЫВОДЫ

Авторы статьи видят большой потенциал в использовании предложенной модели формирования Scrum-команды в инвестиционно-строительных проектах, так как в условиях постоянно меняющегося законодательства, особенно в отношении самых многочисленных проектов жилищной сферы, и глобальном изменении рыночной инфраструктуры (глобальная цифровизация) строительный проект должен обладать гибкостью и при этом не терять своей доходности и качества [13].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Червоне, Х.Ф.* (2011). Ponimaniye gibkikh metodov upravleniya proyektami s ispol'zovaniyem Scrum. OCLC Systems & Services: perspektivy mezhdunarodnoy tsifrovoy biblioteki, 27 (1), 18-22. [*Cervone, H. F.* (2011). Understanding agile project management methods using Scrum. OCLC Systems & Services: International digital library perspectives, 27 (1), 18-22].
2. *Хайсмит, Дж. А.* (2002). Ekosistemy gibkoy razrabotki programmnoy obespecheniya (tom 13). Eddison-Uesli Professional. [*Highsmith, J. A.* (2002). Agile software development ecosystems (Vol. 13). Addison-Wesley Professional].
3. *Сазерленд, Дж.* (2014). Scrum. Revolyutsionnyy podkhod k sozdaniyu komand, sokrashcheniyu srokov i povysheniyu proizvoditel'nosti. Delovyye knigi Random House [*Sutherland, J.* (2014). Scrum. A revolutionary approach to building teams, beating deadlines and boosting productivity. Random House Business Books].
4. *Фаулер М. и Хайсмит Дж.* (2001). Manifest Agile. Razrabotka programmnoy obespecheniya, 9 (8), 28-35. [*Fowler, M., & Highsmith, J.* (2001). The agile manifesto. Software Development, 9(8), 28-35].
5. *Нонака, И., & Takeuchi, Х.* (1986). Novaya igra po razrabotke novogo produkta. Harvard Business Review, 64 (1), 137-146. [*Nonaka, I., & Takeuchi, H.* (1986). The new new product development game. Harvard business review, 64 (1), 137-146].
6. *Санчес, Л.М., & Наги, Р.* (2001). Obzor gibkikh proizvodstvennykh sistem. Mezhdunarodnyy zhurnal issledovaniy proizvodstva, 39 (16), 3561-3600. [*Sanchez, L.M., & Nagi, R.* (2001). A review of agile manufacturing systems. International Journal of Production Research, 39(16), 3561-3600].
7. *Швабер К., Сазерленд Дж.* (2013). Polnoye rukovodstvo po Scrum: pravila igry. [Электронный ресурс] URL: <http://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v1/scrum-guide-us.pdf> (дата обращения: 26.02.2021). [*Schwaber, K., & Sutherland, J.* (2013). The definitive guide to Scrum: The rules of the game. Available online at: <http://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v1/scrum-guide-us.pdf> (accessed 26.02.2021)].
8. *Кон, М.* (2005). Gibkaya otsenka i planirovaniye. Pearson Education. [*Cohn, M.* (2005). Agile estimating and planning. Pearson Education].
9. *Джеймс, М.* (2010). Spravochnaya karta Scrum. CollabNet Inc. [*James, M.* (2010). Scrum reference card. CollabNet Inc].
10. *Онищенко А.В., Цветкова Е.А.* Ключевые навыки современного проджект-менеджера. В сборнике: УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ: КАРЬЕРА И БИЗНЕС. материалы Всероссийской научно-практической конференции. Государственный университет управления. 2019. С. 20-22.
11. *Пантелеева М.С.* Оценка влияния изменения функционала команды исполнителей инновационного проекта на эффективность деятельности предприятия в монографии: Вопросы. Гипотезы. Ответы: Наука XXI века. (Грачева Л.А., Извеков Ю.А., Михолян Л.А., Обьедкова Л.В., Опейкина Т.В., Пантелеева М.С.). Коллективная монография. Краснодар, 2017. С. 56-93.
12. *Пантелеева М.С., Фейсханова А.Р.* Классификация конфликтов в государственных организациях и пути их решения. Russian Economic Bulletin. 2020. Т. 3. № 1. С. 274-279.
13. *Пантелеева М.С.* Оптимальные командные сочетания как способ сокращения стоимости строительства. В сборнике: Научные чтения, посвященные 100-летию Ю.Б. Монфреда. Материалы Международной конференции. 2013. С. 101-106.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕГО КОНТРОЛЯ НА МАЛЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

П.И. Скульский, Н.Н. Щепкина

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

Отсутствие действенного внутреннего контроля на малых строительных предприятиях является ограничивающим фактором на пути достижения целей, поставленных руководством предприятия. Для решения данного вопроса необходима разработка методов и принципов формирования эффективной системы внутреннего контроля. В рамках данного исследования проведен анализ проблематики формирования внутреннего контроля на крупных строительных корпорациях с целью адаптации их опыта для малых предприятий данной отрасли. Целью исследования является разработка концептуальной модели формирования системы внутреннего контроля в малых строительных предприятиях на основе цикла Деминга, направленного на непрерывное улучшение внутреннего контроля. Исследование направлено на разработку методических положений по формированию системы внутреннего контроля и имеет не только теоретическую, но и практическую ценность для руководства малых строительных предприятий. Приведенные в статье концептуальные основы формирования системы внутреннего контроля на малых строительных предприятиях представляют собой набор принципов и методов, позволяющих организовать и поддерживать внутренний контроль на предприятии.

ВВЕДЕНИЕ

В рыночной экономике основной задачей любого коммерческого предприятия является операционная и стратегическая конкурентоспособность. Для достижения поставленных задач высшее руководство предприятия занимается поиском источников повышения эффективности деятельности. Одним из источников роста конкурентоспособности является совершенствование систем управления предприятием. Так как одной из функций управления является контроль, то совершенствование и формирование средств контроля является актуальным решением. Контроль является инструментом выявления отклонений от заданного курса с последующей корректировкой до релевантного значения.

Малые строительные предприятия являются важным сектором экономики и составляют большую часть всех строительных предприятий. В Европе на долю малых строительных предприятий приходится порядка 98% [1] от всех строительных предприятий, в Российской Федерации их доля превышает 90% [2].

В строительной отрасли Российской Федерации, где наблюдается тенденция усложнения структуры субъектов хозяйствования, особо актуален вопрос организации внутреннего контроля. Ввиду этого, данное исследование направлено на разработку методических положений по формированию системы внутреннего контроля (СВК) и имеет не только теоретическую, но и практическую ценность для руководства малых строительных предприятий. Рассматриваемая методология позволит эффективно организовать исполнение

функций контроля с оптимальным соотношением результативности и затрат на внедрение и поддержание СВК.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Для понимания предмета исследования обратимся к последним научным трудам, посвященным проблемам внутреннего контроля. В отечественных публикациях на данную тему публиковали М. В. Ковальчук, А. В. Коновалов, А. М. Пенкина [3], рассматривая основы организации внутреннего контроля на предприятии. Ключевые аспекты совершенствования СВК отражают труды Черненко Е. Р., Курбанаева Л. Х. [4], затрагивающие проблему оценки эффективности механизмов контроля. Вопросами эффективности СВК занимались Макаренко С.А, Шаповалова А.А.[5], выделив основные подходы и методы, применяемые к оценке эффективности СВК.

В зарубежных источниках публиковались работы по исследованию факторов, влияющих на интернационализацию функций внутреннего контроля и аудита за авторством Ronja Krane, Marc Eulerich [6], проводился анализ недостатков и слабых сторон СВК за авторством Wu-PoLiu, Hua-WeiHuang [7]. Обзор регламентов и стандартов, регулирующих функционирование СВК, представлен Stefan F. Schantl, Alfred Wagenhofer [8], в статье с подробным описанием. Вместе с тем, в вышеописанных публикациях дается качественная и актуальная информация о СВК с различных сторон и точек зрения, однако не уделено достаточно внимания способности СВК к самосовершенствованию в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

На практике имеются различные подходы к определению внутреннего контроля и определению его положения в структуре предприятия. Список документов, стандартизирующих область внутреннего контроля, приведен в сводной таблице 1.

Таблица 1. Стандарты и нормативы внутреннего контроля[9]

Наименование организации	Стандарт или норматив
Международная организация высших органов финансового контроля (ИНТОСАИ)	Стандарты внутреннего контроля (INTOSAI GOV 9100-9199 - Internal Control) [10]
Комитет организаций-спонсоров Комиссии Тредвея (COSO)	Концептуальные основы внутреннего контроля (Internal Control - Integrated Framework - 2013) [11]
Институт внутренних аудиторов	Международные профессиональные стандарты внутреннего аудита[9]
Правительство РФ	Правила осуществления внутреннего финансового контроля и внутреннего финансового аудита (Утверждены Постановлением Правительства РФ от 17.03.2014 № 193 (в ред. от 14.04.2015) [12]
Министерство финансов РФ	Рекомендации Минфина РФ по организации и осуществлению внутреннего контроля (Документ N ПЗ-11/2013, письмо МФ РФ от 25.12.2013 N 07-04-15/57289) Методические рекомендации по осуществлению внутреннего финансового контроля [13]

Таким образом, можно сказать, что внутренний контроль представляет комплекс методов и действий, направленных на осуществление контрольных функций на предприятии.

Настоящее исследование направлено на разработку методических положений по формированию СВК на малых строительных предприятиях, изучению принципов ее самосовершенствования в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В строительной отрасли имеется опыт формирования и функционирования СВК, однако это относится к крупным корпорациям с разветвленной организационной структурой и значительными финансовыми ресурсами. Для малых предприятий важным этапом является рассмотрение опыта крупных корпораций для заимствования опыта и адаптации методов под форму малых предприятий. В качестве обзора и анализа СВК в строительной сфере, проведем сравнение положений о системе внутреннего контроля двух крупных предприятий - ПАО «Группа компаний ПИК» [14] и ПАО «Галс-Девелопмент» [15], приведенных в таблице 2.

Таблица 2. Сравнение СВК двух крупных строительных предприятий

Критерии сравнения	ПАО «Группа компаний ПИК»	ПАО «Галс-Девелопмент»
Методическая база	1. COSOERM 2. COSO 3. ИСО 31000-2009	1. COSO 2. COSO ERM
Цели СВК	Разработана в целях формирования единых правил и политик по организации работ в области построения СВК и управления рисками, определения порядка взаимодействия должностных лиц и структурных подразделений.	Деятельность службы внутреннего контроля заключается в предоставлении независимых и объективных гарантий и консультаций, направленных на совершенствование деятельности предприятия.
Примеры задач СВК	Своевременное выявление и анализ рисков деятельности предприятия; - Анализ соответствия целей бизнес-процессов, проектов и структурных подразделений целям предприятия; - Обеспечение эффективности, надежности и целостности бизнес-процессов и информационных систем и т.д.	- Осуществление внутреннего аудита, оценка эффективности функционирования систем внутреннего контроля, управления рисками, бухгалтерского учета и отчетности, а также организованных бизнес-процессов, деятельности подразделений и работников; - Выработка рекомендаций по улучшению качества и повышению эффективности функционирования систем, процессов, операций, сделок, деятельности подразделений и работников и т.д.

Как показывает сравнительное описание, СВК на крупных строительных предприятиях выполняют ряд важных управленческих функций, и строятся на схожих методических базисах. Данный опыт может быть полезен для малых строительных предприятий, которые не уделяют достаточного внимания построению и улучшению СВК.

Определим основную проблематику, с которой сталкивается руководство предприятия при реализации СВК. Для данной цели обратимся к статистическим данным, оценивающим уровень зрелости СВК, основываясь на данных компании PwC с учетом модели зрелости, определенной в методологии COBIT международной ассоциации ISACA [16]. Рассмотрим ключевые уровни зрелости СВК в таблице 3.

Таблица 3. Уровни зрелости СВК

Уровень зрелости СВК	Описание
Начальный	Контрольные процедуры отсутствуют или выполняются частично, но не формализованы
Неформальный	Процессы СВК формализованы частично, выполняются отдельные контрольные процедуры
Формализованный	Контрольная деятельность формализована и надлежащим образом документирована, но не стандартизирована. Отклонения могут быть не обнаружены своевременно
Управляемый	Внедрены как унифицированные контрольные процедуры, так и процедура их периодического тестирования
Совершенствуемый	Процессы СВК соответствуют лучшим практикам, а также периодически оптимизируются посредством изучения и применения новых подходов

В рамках проведенного опроса, руководство опрашиваемых предприятий оценило зрелость существующей СВК в соответствии с данными, представленными на рисунке 2.

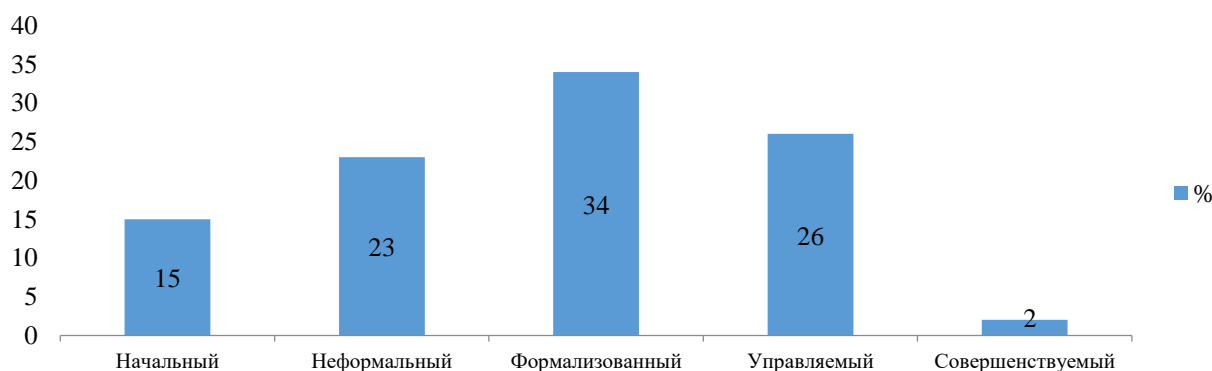


Рис. 2. Уровень зрелости СВК, %

На основании опроса получены выводы об уровне зрелости СВК на различных предприятиях, включая строительные. Вывод заключается в том, что лишь малая часть предприятий имеют СВК, способную к самосовершенствованию, что раскрывает проблематику данного параметра, применительно к концептуальным основам внутреннего контроля. Малые строительные предприятия относятся к начальному уровню зрелости СВК, следовательно, руководству малых строительных предприятий стоит подходить к формированию СВК, направленной на непрерывное улучшение при помощи мониторинга своей деятельности, изучив опыт и ошибки других предприятий.

Для устранения рассматриваемых проблем, следует рассмотреть концептуальные основы формирования СВК с ориентацией на непрерывное совершенствование с целью повышения конкурентоспособности предприятия.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Согласно концепции COSO (Комитет Организаций спонсоров Тредвея), СВК представляет собой процесс, осуществляемый высшим органом предприятия с целью обеспечения разумной уверенности в достижении целей предприятия [3].

СВК по COSO состоит из следующих компонентов:

1. Контрольная среда.
2. Механизмы контроля.
3. Оценка и управление рисками.
4. Мониторинг.
5. Информация и коммуникации.

Проблематика данной темы заключается в недостаточном внимании со стороны руководства малых строительных предприятий к вопросам контроля и формированию эффективной СВК. Большая часть малых строительных предприятий не имеет СВК, либо имеют формализованную СВК, не способную к самосовершенствованию. Лишь малая часть предприятий имеют СВК, способную к самосовершенствованию.

Для решения данной проблемы, следует подходить к формированию СВК, основываясь на ее способности к самосовершенствованию. Для этой цели применяется цикл PDCA, представляющий собой алгоритм принятия управленческих решений для формирования СВК на основе постоянных улучшений.

Изобразим графически концептуальную модель построения СВК, направленную на самосовершенствование (рис. 1).

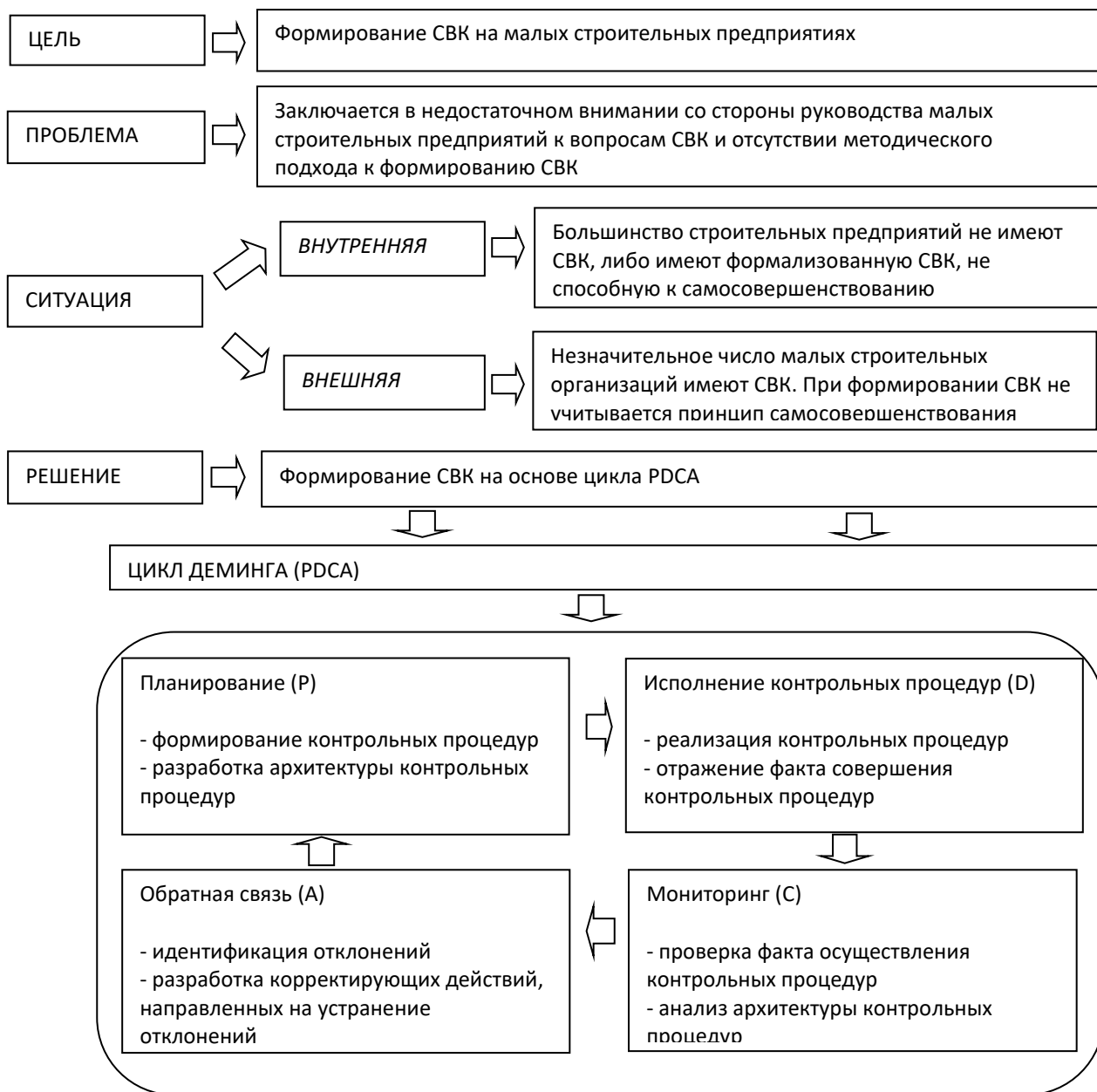


Рис. 1. Концептуальная модель формирования СВК на малых строительных предприятиях

Используя данную модель, формирование СВК станет значительно более рациональной и эффективной процедурой. Главным критерием эффективности модели построения СВК является превышение стоимости потенциальных потерь по причине отсутствия СВК над стоимостью внедрения и функционирования СВК. Рассмотрим положение и место СВК в строительной отрасли.

Рассматриваемая модель основывается на цикле непрерывных улучшений Деминга (Plan-Do-Check-Act, планирование-действие-проверка-корректировка), который представляет

собой циклический процесс принятия решений. В отношении внутреннего контроля рассматриваемый цикл представляет собой следующую последовательность действий:

1. Формирование контрольных процедур и методик(Р).
2. Исполнение контрольных функций(Д).
3. Мониторинг эффективности контроля(С).
4. Обратная связь(А).

На этапе формирования контрольных процедур проводится анализ бизнес-процессов и активов предприятия, подлежащих контролю, определяются точки возникновения рисков, используя матрицу рисков и другие методики. Следующим шагом предстоит сформировать архитектуру контрольных процедур, назначить ответственных за исполнение лиц, разграничить права и обязанности субъектов контроля, документально закреплённые внутренними нормативными документами предприятия. Также рекомендуется сформировать политику внутреннего контроля предприятия.

Далее следует этап исполнения контрольной процедуры. На основании норм, закреплённых в Положении о внутреннем контроле, реализуются контрольные процедуры. Каждая процедура и методика должна исполняться своевременно, обладающим соответствующей компетенцией исполнителем. Результат и подтверждения контрольной деятельности должны документироваться и сохраняться.

Этап мониторинга включает в себя своевременную проверку факта осуществления контрольных процедур, а также оценку эффективности архитектуры контрольных процедур. Осуществляется посредством непрерывных и периодических оценок, либо комбинации данных методов.

Одним из ключевых этапов цикла Деминга является обратная связь. Данный этап начинается с идентификации отклонений от запланированных показателей, анализа их причин и характера выявленных недостатков. Далее, при необходимости, следует провести дополнительные тестирования подконтрольных объектов, расставить приоритетные направления, оценить ущерб в стоимостном и денежном выражении. На финальном этапе производится разработка корректирующих действий, направленных на устранение причин и последствий отклонений.

Представленные методические положения являются фундаментальной основой построения концептуальной модели формирования СВК на малых строительных предприятиях, и могут быть использовано при внедрении контрольных функций на практике. В результате внедрения СВК предприятия смогут повысить конкурентоспособность и эффективность деятельности, что крайне важно в условиях растущей мировой конкуренции.

ВЫВОДЫ

В ходе исследования были выявлены основы формирования успешной СВК для малых строительных предприятий. Главным принципом успешной СВК является ее способность непрерывного самосовершенствования во времени. Сравнив СВК ведущих строительных предприятий, были обнаружены общие принципы СВК, задействованные на предприятиях. Основной проблемой построения эффективной СВК стала неспособность к самосовершенствованию в долгосрочной перспективе, ввиду отсутствия эффективных механизмов улучшения и корректировки. Для решения поставленной задачи, был взят цикл Деминга (PDCA), представляющий собой циклический алгоритм принятия решений. С помощью данного метода структурные единицы СВК имеют возможность вносить

корректировки в архитектуру контрольных процедур, анализировать отклонения и оценивать ущерб в денежном выражении, а главное, исправлять причины и последствия отклонений, с целью исключения их дальнейшего повторения. С помощью описанного подхода, решается основная задача исследования. Данная концепция может иметь практическую пользу при формировании или реорганизации СВК на малом строительном предприятии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Construction Companies in Europe. М.: Allianz Research, 2020. – 14с.
2. Строительство в России. 2020: Стат. сб. / Росстат. - М., С8632020. - 113 с.
3. Ковальчук, М. В. Организация внутреннего контроля на предприятии / М. В. Ковальчук, А. В. Коновалов, А. М. Пенкина. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2019. — № 43 (281). — С. 175-177. — URL: <https://moluch.ru/archive/281/63339/>(дата обращения: 16.03.2021).
4. Черненко Е. Р, Курбанаева Л. Х. Совершенствование механизмов внутреннего контроля в предприятия // Экономика и бизнес: теория и практика. 2019. №11-3.
5. Макаренко С.А, Шановалова А.А. Оценка эффективности функционирования СВК // Бизнес и дизайн ревью. 2018. №4 (12). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-funkcionirovaniya-sistemy-vnutrennego-kontrolya> (дата обращения: 16.03.2021).
6. Ronja Krane, Marc Eulerich, Going global: Factors influencing the internationalization of the internal audit function, Journal of International Accounting, Auditing and Taxation, Volume 41, 2020, 100353, ISSN 1061-9518, <https://doi.org/10.1016/j.intaccudtax.2020.100353>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1061951820300549>) (дата обращения: 16.03.2021).
7. Wu-Po Liu, Hua-Wei Huang, Auditor realignment, voluntary SOX 404 adoption, and internal control material weakness remediation: Further evidence from U.S.-listed foreign firms, International Business Review, Volume 29, Issue 5, 2020, 101712, ISSN 0969-5931, <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2020.101712>.(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969593120300500>)(дата обращения: 16.03.2021).
8. Stefan F. Schantl, Alfred Wagenhofer, Optimal internal control regulation: Standards, penalties, and leniency in enforcement, Journal of Accounting and Public Policy, 2020, 106803, ISSN 0278-4254, <https://doi.org/10.1016/j.jaccpubpol.2020.106803> (дата обращения: 16.03.2021).
9. Донцова Л.В, Шарамко М.М. Методологические проблемы внутреннего контроля в системе международных стандартов //Вестник БГУ. 2015. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologicheskie-problemy-vnutrennego-kontrolya-v-sisteme-mezhdunarodnyh-standartov> (дата обращения: 16.03.2021).
10. Стандарты внутреннего контроля (INTOSAI GOV 9100-9199 - Internal Control).
11. Enterprise Risk Management — Integrated Framework – 2004.
12. Правила осуществления внутреннего финансового контроля и внутреннего финансового аудита (Утверждены Постановлением Правительства РФ от 17.03.2014 № 193 (в ред. от 14.04.2015)).
13. Рекомендации Минфина РФ по организации и осуществлению внутреннего контроля (Документ N ПЗ-11/2013, письмо МФ РФ от 25.12.2013 N 07-04-15/57289) Методические рекомендации по осуществлению внутреннего финансового контроля
14. «Политика в области внутреннего контроля и управления рисками ПАО «Группа компаний ПИК» ПТ 1001.0100.006.01-2015.
15. «Положение о службе внутреннего контроля» ПАО «ГАЛС девелопмент». Утверждено решением Совета директоров «18» марта 2019 г. Протокол №9 от 18 марта 2019 г. <https://moluch.ru/archive/281/63339/>(дата обращения: 16.03.2021).
16. Управление функцией внутреннего контроля. - М.: РwС, 2020.- 18 с.

ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ И ИХ РОЛЬ В СТРУКТУРЕ ОТКРЫТЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ЧЕРМЯНКИ

С.К. Хлебников, К.В. Ратникова, И.А. Сметанин, В.А. Курочкина

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Аннотация

В настоящее время проблема возникновения околотоводных депрессивных пространств актуальна для большинства городов, стоящих на реках. В статье проанализированы зарубежные и отечественные примеры успешной реорганизации депрессивных территорий. В работе приведены результаты исследования деградирующего участка реки Чермянки (г. Москва), в котором принимали участие авторы статьи. На основании проведенного рекогносцировочного обследования и социологического исследования выделены основные проблемы исследуемой территории и предложены пути их решения.

Также в статье описывается разработанный авторами вариант дальнейшего облагораживания рассматриваемого депрессивного пространства. Обосновывается районирование территории на открытые и зеленые общественные пространства, описывается их функциональное наполнение и коммуникации необходимые для объединения общественных пространств в единый рекреационный комплекс. Предложенный вариант ревитализации участка реки Чермянки повысит социальную и рекреационную значимость природной территории у населения, а новое общественное пространство позволит связать районы Бибирево и Отрадное пешеходным маршрутом и обеспечит свободное перемещение между берегами реки.

ВВЕДЕНИЕ

Реки являются неотъемлемой частью структуры и культуры большинства городов, влияющей на их пространственное развитие и экологическое состояние [1,2]. Подавляющее количество прибрежных территорий рек, находящихся в черте городов использовались промышленными, транспортными и сельскохозяйственными предприятиями [3]. В настоящее время большинство из них уже полностью или частично закрыты, и в совокупности с окружающими их территориями представляют собой депрессивные пространства [4].

Сейчас проблема благоустройства депрессивных территорий актуальна во всем мире. Уже более 10 лет в Европе и Америке разрабатывается и реализуется множество проектов по реорганизации околотоводных депрессивных пространств. В 2001 году была начата реализация грандиозного проекта в Гамбурге (рис. 1). С образованием Евросоюза грузооборот порта Гамбурга уменьшился, поэтому портовые территории решили преобразовать в жилой район HafenCity, главной достопримечательностью которого стала Филармония [5]. Этот проект до сих пор является крупнейшим проектом реконструкции городских территорий в Европе по площади.



Рис. 1. Жилой район HafenCity: до и после ревитализации

К сожалению, наша страна значительно отстала в ревитализации околотоводных депрессивных пространств. Такие общественно важные проекты начали активно реализовываться в России только в последние 5 лет. Депрессивным пространством являлась и прибрежная территория старого русла реки Упы в городе Туле. Эта территория долгое время принадлежала оружейному заводу. Никак не задействованное пространство десятилетиями превращалось в свалку. Однако в 2016 году территории были переданы жителям города, и к сентябрю 2018 года были превращены в лучшее открытое городское пространство города Тулы – Казанскую набережную (рис. 2) [6].



Рис. 2. Казанская набережная г. Тулы: до и после ревитализации

В Москве ревитализация депрессивных околотоводных пространств идет в последнее время особенно активно. Такое благоустройство ведется и на реке Яузе, а в частности на ее притоке - реке Чермянке. С целью разработки концепции для дальнейшего благоустройства на Чермянке проводились исследования сотрудниками и студентами НИУ МГСУ, в частности и авторами статьи. Участок Чермянки, выбранный для исследования, находится в Северо-Восточном административном округе в муниципальных районах Бибирево и Отрадное. Прибрежная территория от ул. Широкой до проезда Дежнёва представляет собой неэксплуатируемое пространство, поросшее мелкой и крупной растительностью. На левом берегу образовалось большое количество несанкционированных свалок строительных и бытовых отходов гаражных кооперативов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На исследуемом участке реки авторами статьи было проведено первичное рекогносцировочное инженерно-экологическое обследование. В данной работе приведен анализ результатов проведенных этапов исследования и предложены пути реорганизации и идеи для дальнейшего благоустройства изучаемых депрессивных территорий.

На данный момент уже проведены анализ фондовых материалов и карт, рекогносцировочное обследование, включающее маршрутные наблюдения и изучение растительного и животного мира, а также социологическое исследование.

Рассмотренный участок состоит из двух отрезков: от ул. Широкой до железнодорожной линии Бескудниково — Медведково, и от железнодорожной линии до проезда Дежнева. Второй отрезок имеет статус природного комплекса города Москвы (рис. 3).



Рис. 3. Картосхема расположения участков обследования.
Слева – отрезок 1, справа – отрезок 2 (рисунок авторов)

При проведении рекогносцировочного обследования изучаемая территория была разделена на 28 участков для более точного описания долины реки. На каждом участке фиксировались морфометрические показатели русла реки, геоэкологические показатели прибрежных территорий, а также ряд социологических и биологических показателей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рекогносцировочное обследование показало, что участок реки, выбранный для исследования, крайне неоднороден по многим факторам. Как наиболее существенные факторы, можно выделить: тип и плотность растительности, наличие и тип берегоукрепительных сооружений, а также ландшафтные характеристики. Эти параметры играют важную роль при выборе типа общественного пространства при реорганизации данных территорий (с частичной или полной заменой их функций) [7].

С целью выявления потребностей населения авторами статьи были проведены социологические исследования среди жильцов районов, прилегающих к изучаемому участку реки. Возраст респондентов варьировался от 14 до 84 лет. На основании полученных данных были сделаны следующие выводы:

• Наибольшую потребность в открытых общественных пространствах ощущают жители района Бибирево. Эта потребность снижается по мере продвижения к проезду Дежнева. Однако вне зависимости от района проживания 85 % респондентов считают необходимым облагораживание исследуемых территорий Чермянки.

• Данные территории, несмотря на свою захламленность ТКО и отсутствие благоустройства являются местами отдыха населения. Это подтверждается как результатами опросов, так и наличием прогулочных троп и обустроенных населением мест для пикников.

• По мнению населения, на данных территориях ярко выражены проблемы, представленные на диаграмме (рис. 4) [8].

• Наиболее востребованными видами общественных пространств, согласно социологическому опросу, стали набережная и парковая зона (рис. 4). Объединить эти пространства в целостный комплекс позволят велотропа и сеть пешеходных дорожек.

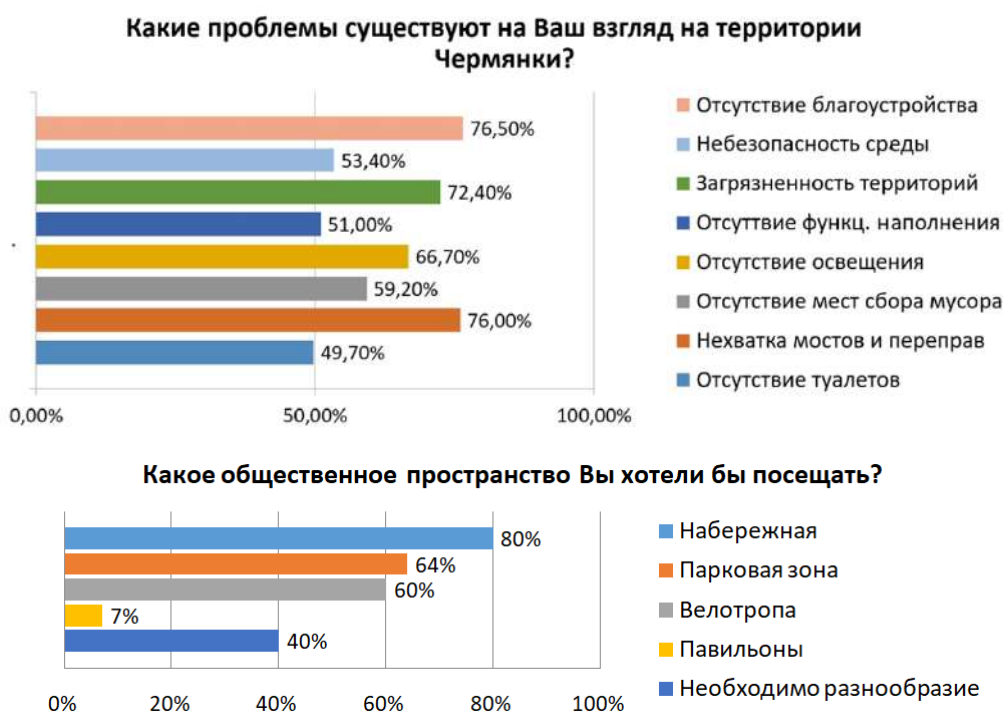


Рис. 4. Результаты социологического исследования (рисунок авторов)

Особое внимание респонденты уделяли необходимости организации детских и спортивных площадок, а также сохранению ландшафта, позволяющего организацию несанкционированных тюбинговых трасс в зимнее время.

Исходя из перечисленного выше можно выделить несколько основных направлений деятельности при ревитализации исследуемых территорий:

- Обеспечение достаточного уровня освещения
- Обеспечение межбереговых коммуникаций посредством значительного увеличения количества мостов
- Обустройство пешеходной зоны с качественным мощеным покрытием (развитая сеть дорожек и аллей)

- Развитие спортивной инфраструктуры (спортивные площадки и снаряды, велотропа)
- Организация детских площадок
- Организация сбора мусора

В ходе рекогносцировочного обследования были выявлены различные загрязнения реки и прибрежных территорий. Для первого участка реки характерны ингредиентные загрязнения. Загрязнения нефтепродуктами и детергентами (моющими веществами) определено визуально. Также предполагается наличие загрязнений хлоридами и тяжелыми металлами. Необходимо провести дополнительные исследования, чтобы определить источники загрязнения. Именно ликвидация источников загрязнений или организация очистных сооружений на их территории позволят значительно снизить уровень загрязнения воды химическими веществами и тяжелыми металлами.

Для второго участка более характерно шумовое загрязнение, источником которого является оживлённое движение автотранспорта на проезде Дежнева и Юрловском проезде.

ВАРИАНТ РЕОРГАНИЗАЦИИ ИССЛЕДУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

На основании результатов рекогносцировочного обследования и социологического исследования авторами статьи предлагается пример возможного районирования территорий будущего общественного пространства.

Для удобства районирования используется прежнее разбиение на участки с соблюдением их нумерации. Первые 7 участков имеют различные берегоукрепительные сооружения, древесная растительность на правом берегу выражена слабо, а их пространство примыкает к жилой застройке, поэтому наиболее рациональным вариантом развития данной территории авторы считают организацию набережной, которая предполагает проведение значительных земельных работ и серьезное изменение облика местности (рис. 5). Здесь могут располагаться прогулочные дорожки, велотропа, вечерняя подсветка и лавочки.



Рис. 5. Набережная (У.Н. 1 – У.Н. 7).

Слева – до реконструкции, справа – после (рисунок авторов)

Отдельное внимание заслуживает равнинная территория с травянистой растительностью на правом берегу 7 и 8 участков наблюдения. Территория находится вблизи жилой застройки, и должна выполнять социальную функцию. По этой причине здесь предлагается организовать открытое городское пространство, выполняющее роль входной группы на территорию рекреационного природного комплекса. На этой территории могут

располагаться детские и спортивные площадки, фуд-корт и сцена для проведения различных общественных и развлекательных мероприятий (рис. 6).



Рис. 6. Открытое городское пространство (У.Н. 7 – У.Н. 8).
Слева – до реконструкции, справа – после (рисунок авторов)

С 9 участка преобладает древесная и кустарниковая растительность, а берегоукрепительные сооружения отсутствуют. Поэтому на этой территории возможна организация лесопарковой зоны. Для ее благоустройства необходимо разбить сети дорожек, велотропу и аллею. Основные пешеходные и велосипедные маршруты должны быть освещены. Для отдыха населения предлагается строительство беседок в излучинах реки и лавочек вдоль основной аллеи. Свободное перемещение между берегами обеспечивается мостами.

На территории 18 участка русло реки раздваивается и омывает крупный остров. Крутые склоны берегов прячут остров от шума и делают его отличным местом для отдыха. В качестве доминанты парковой зоны предлагается строительство ротонды на территории острова (рис. 7). В связи с этим необходимо проведение геологического исследования грунтов для дальнейшего проектирования архитектурного сооружения. Вода усилит впечатление от архитектурного объекта, оказывая благоприятное воздействие на психическое состояние человека [9].



Рис. 7. Остров с ротондой (У.Н. 17 – У.Н. 18).
Слева – до реконструкции, справа – после (рисунок авторов)

Территорию долины реки в промежутке от железнодорожной линии до проезда Дежнева также рекомендуется преобразовать в парковую зону. На 19 участке над рекой проходят трубы горячего отопления и водоснабжения. Местные жители пытались их использовать в качестве моста. В целях устройства пешеходного моста и органичной интеграции коммуникаций в природно-техническую парковую систему, предлагается организация пешеходного моста на опоре труб отопления. При проектировании конструкции необходимо избежать давления на трубы и обеспечить к ним доступ для мониторинга технического состояния сооружения и ремонтных работ.

Участки 19-24 могут включать в себя мощеную аллею с вечерним освещением и лавочками, а также велотропу (рис. 8). Ландшафт 24 участка позволяет организацию тюбинговых трасс для зимнего катания. В связи с этим проведение существенных земельных работ на данной территории не допустимо. На территории участков 25-28 благоустройство уже началось в январе 2021 года.



Рис. 8. Парковая аллея (У.Н. 21 – У.Н. 24).

Слева – до реконструкции, справа – после (рис. авторов)

Новое общественное пространство должно связать районы Отрадное и Бибирево пешеходным маршрутом, а также обеспечить свободное перемещение между жилыми кварталами и промышленными территориями, расположенными на разных берегах реки. Чтобы обеспечить эти функции необходимо увеличить количество переправ через русло реки и ее притоков. Также с целью объединения двух участков Чермянки в единое общественное пространство, необходимо проложить пешеходный туннель под железнодорожной насыпью.

ВЫВОДЫ

На данный момент реализацию проекта по ревитализации исследуемого участка реки осложняют наличие на его территории ЛЭП, трансформаторной подстанции и железнодорожной линии, разделяющей территорию на два обособленных пространства.

Благоустройство исследуемой территории и создание новой общественной инфраструктуры, развитого пешеходного маршрута, мест отдыха и досуга, а также открытых спортивных объектов поможет будущему развитию нового общественного пространства, решит вопросы доступности и свободы перемещения людей по территории, а также повысит социальную, экологическую и рекреационную значимость природной территории у населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Янковская Ю.С., Андреева Ю.К. Кострома – формирование градостроительной идентичности: город и река, история и современность. Architecture and Modern Information Technologies. 2018. №4(45). 314–328
2. Курочкина В.А. Очистка речных русел и использование речных илов в зеленом строительстве // Вестник МГСУ . 2010. Т.2, №4 С.45-51
3. Боровков В.С., Курочкина В.А. Миграция тяжелых металлов в растения при их выращивании с использованием сточных вод и загрязненных илов в качестве удобрений //Экология урбанизированных территорий. 2011. № 2. С.51-54
4. Курочкина В.А. Водные объекты как основа организации открытых общественных пространств и инструмент трансформации урбосистем // Вестник Евразийской науки, 2020 №5, <https://esj.today/PDF/63SAVN520.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/63SAVN520
5. HafenCity – die Genese einer Idee // Электронный ресурс // URL: <https://www.hafencity.com/de/ueberblick/hafencity-die-genese-einer-idee.html> (дата обращения: 22.02.2021)
6. Реконструкция набережной реки Упы, Тула // Электронный ресурс // URL: <https://archi.ru/projects/russia/11869/rekonstrukciya-naberezhnoi-reki-upy-tula> (дата обращения: 22.02.2021)
7. Курочкина В.А. Влияние объектов незавершенного строительства и промышленных территорий на геоэкологию городов и развитие депрессивных пространств // Вестник Евразийской науки, 2020 №5, <https://esj.today/PDF/36NZVN620.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/36NZVN620
8. Парк Яуза. Вдоль ул. Плещеева до ул. Широкой // Аналитический отчет // НПО «Вектор». М. 2020. 28 с.
9. Базина А.Н. Аспекты феноменологического подхода в архитектурном проектировании и дизайне среды // Innovative project. 2017. Т.2, №1. С. 112-119.