



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
**СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

**ТЕХНОЛОГИИ
В ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОМ
СТРОИТЕЛЬСТВЕ, МЕХАНИЗАЦИИ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ**

**Сборник докладов
внутривузовской научно-технической конференции
(г. Москва, 19–20 декабря 2017 г.)**

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2018

ISBN 978-5-7264-1829-2

Москва
2018

УДК 621.8 + 628 + 69:059

ББК 39.9

Т38

Т38 **Технологии в инженерно-экологическом строительстве, механизации и жилищно-коммунальном комплексе** [Электронный ресурс] : сборник докладов внутривузовской научно-технической конференции (г. Москва, 19–20 декабря 2017 г.) ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. — Электрон. дан. и прогр. (21,5 Мб). — Москва : Издательство МИСИ–МГСУ, 2018. — Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-devatelnost/izdaniya/izdaniyaotkrdostupa/> — Загл. с титул. экрана.
ISBN 978-5-7264-1829-2

Содержатся доклады обучающихся университета, представленные на научно-технической конференции «Технологии в инженерно-экологическом строительстве, механизации и жилищно-коммунальном комплексе», проходившем в институте инженерно-экологического строительства и механизации НИУ МГСУ 19–20 декабря 2017 года.

Научное электронное издание

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

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2018

Ответственный за выпуск *Н.С. Севрюгина*

Институт инженерно-экологического строительства и механизации
(ИИЭСМ НИУ МГСУ).

Тел. +7 (495) 730-62-53

E-mail: iiesm@mgsu.ru

Сайт: www.mgsu.ru

<http://mgsu.ru/universityabout/Struktura/Instituti/IIESM/kontakty/>

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

Верстка макета *А.С. Овсиенко, А.П. Андрианова*

Подписано к использованию 12.03.2018. Объем данных 21,5 Мб

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет».
129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ–МГСУ.

Тел.: (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95.

E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЕКЦИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

<i>Гроссман Я.Э., Хроменкова А.А. Уровни детализации модели при энергомоделировании</i>	9
<i>Гусарова А.А. Использование программного инструмента Climate Consultante в архитектурной климатологии</i>	13
<i>Зинченко С.В. Исследование способов и определение параметров технологических агрегатов дробления при производстве стройматериалов</i>	20
<i>Ниязов А.Р., Чиркин Д.О. Исследование параметров следящей системы управления</i>	26
<i>Ульянов Р.С., Шиколенко И.А. Применение САПР nanoCAD как базовой платформы для ПАК совершенствования проектирования искусственного освещения на различных этапах жизненного цикла</i> ...	33
<i>Шиколенко И.А., Ульянов Р.С. Ключевые принципы концепции аппаратной части модульного ПАК для генерирования программы управления регулируемыми системами освещения</i>	39

СЕКЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

<i>Булычев И.О. Перспективы применения реакторов SBR</i>	46
<i>Головесов В.А. Перспективы применения нанофильтрации при подготовке питьевой воды из подземных источников</i>	50
<i>Громов Г.Н. Разработка и реализация калибровки электронной модели водоснабжения города Салават</i>	53
<i>Дмитриев А.А., Кочетов В.В. Методы глубокой очистки сточных вод. Биосорбер</i>	59
<i>Гурьева Д.В., Комарова Е.А. Очистка сточных вод при помощи фито-очистных систем</i>	65
<i>Нгуен Суан Куэт Обзор методов очистки сточных вод текстильной промышленности</i>	71
<i>Норкина Е.А., Шагов В.М. Московская система водоснабжения – особенности, проблемы, перспективы развития</i>	79
<i>Островский Р.В., Федорова Т.А. Разработка технологий водоподготовки на объектах теплоэнергетики на основе метода обратного осмоса с утилизацией концентрата</i>	89
<i>Сашин А.Е. Повышение энергоэффективности канализационных насосных станций</i>	95
<i>Семеновых В.А., Каплун Р.В. Очистка подземных вод в условиях действующих станций обезжелезивания</i>	100
<i>Тен А.Э. Оптимизация функционирования регулирующих резервуаров канализационных насосных станций для повышения надежности системы напорной канализации Москвы</i>	105

<i>Тихонов К.В.</i> Новый подход к технологии очистки сточных вод на очистных сооружениях малой и сверхмалой производительности блочно-модульного типа.....	113
<i>Чан Ха Куан</i> Оценка применения технологии реактора периодического действия в очистке бытовых сточных вод при условиях Вьетнама.....	118

СЕКЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ И РАЗВИТИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

<i>Волков С.А.</i> Использование современных деревянных материалов при строительстве экологических объектов.....	125
<i>Волков С.А.</i> Использование технологии информационного моделирования в ЖКХ.....	137
<i>Великонская М.К.</i> Применение численного моделирования при прогнозе долговечности конструкции.....	147
<i>Ву Динь Тхо, Нгуен Чонг Чык, Дам Хыу Хынг</i> Анализ эффективности теплоизоляции многослойной железобетонной плиты в климатических условия Вьетнама.....	154
<i>Гайдышева Ю.В.</i> Перспективы развития программы реновации в Москве с учетом прошлого опыта.....	160
<i>Григорьян А.Г., Власенко С.С.</i> Долговечность железобетонных конструкции с учётом физического износа.....	165
<i>Гусарова А.А.</i> Перспективы автоматизации диспетчерского обслуживания как основа повышения качества эксплуатации жилого фонда.....	169
<i>Данильченко В.И.</i> Рекреация городских набережных, прилегающих к территориям ЖКХ.....	174
<i>Дудина А.Г.</i> Зарубежный опыт реализации проектов реновации жилой застройки.....	178
<i>Котова Л.О.</i> Основы организации капитального ремонта в многоквартирных домах.....	183
<i>Кудрявцева А.С.</i> Система усиления углеволокном. От проектирования до реализации.....	187
<i>Лукьянова О.Ф.</i> Особенности технологии возведения конструкций транспортно-пересадочных узлов.....	191
<i>Матушкина А.С.</i> Методы повышения энергоэффективности объектов жилищно-коммунального комплекса.....	199
<i>Михайлова А.А.</i> Комплекс инновационных технологий для благоустройства зоны отдыха «Зеленый бор».....	205
<i>Плюснина Е.В.</i> Развитие концепции крытых станций железнодорожного пассажирского транспорта.....	209
<i>Помазан Е.С.</i> Оценка основных параметров транспортных потоков на улично-дорожной сети города на основе обработки навигационных данных городского пассажирского транспорта.....	216

<i>Смирнова Н.В.</i> Оптимальные решения по защите подземных конструкций от агрессивного влияния внешних факторов	219
<i>Юрпольская В.П.</i> Особенности расчета конструкций с преднапряженной неметаллической композитной арматурой.....	224

СЕКЦИЯ МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

<i>Каишанов Е.А.</i> Существующие рекомендации проектирования грейфера	229
<i>Каишанов Е.А.</i> Конструирование и изготовление модели ковша грейфера	233
<i>Бабаев Т.К.</i> Синтез конструкции машины для планировки откосов ...	236
<i>Бибко О.П., Фёдоров Н.Ю.</i> Исследование влияния термомеханического воздействия на кинетику контактного взаимодействия материалов в твердой фазе – путь к решению материаловедческих и конструкторско-технологических задач ПСМ.....	241
<i>Богатырев Н.М.</i> Выбор сталей для подшипников скольжения мощных гидравлических экскаваторов	248
<i>Бычков Н.С.</i> Модернизация привода лифта	253
<i>Грязнов П.М.</i> Определение области применения механических бетоноукладочных стрел	257
<i>Жердева Ю.А., Каширина А.</i> Грань между строительством и эстетикой.....	264
<i>Клочков И.А.</i> УДК. Определение оптимального типа привода спецподъемников башенных кранов	266
<i>Колесник Д.А.</i> Перспективы, актуальность и текущее состояние разработки машин и механизмов для производства битумных вяжущих	271
<i>Крутоголова А.С., Кожевникова Д.О., Плехотнюк Т.Е.</i> Оцифровка данных и прогнозирование свойств многофункциональных материалов системы Cu-Ni.....	274
<i>Курганский А.Е.</i> Актуальность и перспективы использования роботов и робототехнических систем в строительстве.....	279
<i>Лукашов Е.А.</i> Футеровка приводных барабанов ленточных конвейеров	282
<i>Мингазова С.Р., Каргальцев Н.В.</i> Сравнение программных комплексов для количественного анализа микроструктуры сталей	286
<i>Пимонов Д.А.</i> Конструктивное совершенство и элементная унификация бульдозеров	292
<i>Слетов С.Ю.</i> Оценка свойств наплавленных металлов для ремонта и восстановления чугунных деталей	299
<i>Юшков А.А.</i> Выбор износостойких материалов по адекватным механическим и трибомеханическим показателям упрочнения.....	304

СЕКЦИЯ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

<i>Абрамкина Д.В.</i> Экспериментальное исследование работы системы вентиляции с тепловым побуждением движения воздуха.....	308
<i>Агаханова К.М.</i> Расчет воздухообмена в жилом здании с индивидуальными вытяжными каналами.....	314
<i>Бабкин И.А.</i> Определение эффективного состава тепловой изоляции наружного ограждения методом перебора	322
<i>Балков Б.А.</i> Выбор оптимального материала теплопроводов водяного отопления в зависимости от его физико-технических параметров.....	327
<i>Борисова В.А.</i> Современные способы климатизации музейных комплексов.....	331
<i>Кравчук В.Ю.</i> Применение воздухопроницаемых проемов в наружных ограждениях зданий	338
<i>Михеева Е.А.</i> Математическая модель нестационарного теплового режима конструкции пола по грунту.....	343
<i>Морозов А.А.</i> Оценка перспективы обеспыливания воздуха в помещениях гражданских зданий	347
<i>Разаков М.А., Черноva Р.В.</i> Новый способ обследования систем естественной вентиляции	353
<i>Тимофеев Д.В.</i> Эффективность работы геотермальной теплонасосной системы теплоснабжения в жилом доме	357

СЕКЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ШКОЛАХ

<i>Шарышева С.В., Воробьева А.В.</i> Инженерный класс в ГБОУ Школе №283	363
<i>Мамедова Н.В.</i> Школьное творчество в инженерных классах.....	367

СЕКЦИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ
И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

УРОВНИ ДЕТАЛИЗАЦИИ МОДЕЛИ ПРИ ЭНЕРГОМОДЕЛИРОВАНИИ

*Гроссман Я.Э., аспирант 4-го курса ИИЭСМ, Хроменкова А.А., студент магистратуры 2-го курса ИИЭСМ
Научный руководитель – Чельшиков П.Д., к.т.н., зав. каф. АуЭ*

На сегодняшний день всё большую популярность набирает технология проектирования BIM – информационное моделирование. О плюсах данной технологии можно говорить долго – это и ускорение проектирования за счёт уменьшения количества ошибок и времени на их исправление, и наглядное представление будущей модели, общее уменьшение стоимости возведения здания. Но отдельной особенностью стоит отметить возможность моделирования различных процессов, т.к. все объекты представлены в модели не только в виде 3D, но и с множеством атрибутов, что позволяет взаимодействовать с объектами различными способами.

Один из вопросов, решаемых при проектировании, это расчёт теплопотерь и энергоэффективности будущего здания. Технология энергомоделирования BEM помогает проектировщикам автоматизировать этот процесс. BEM является своего рода надстройкой для BIM, т.к. для расчёта так же требуется не просто 3D модель, но и информационные характеристики объектов.

В странах Запада данная технология используется уже более 50 лет, причём, изначально развивалась она несколько опосредованно от BIM, в связи с чем в настоящий момент есть ряд проблем и особенностей взаимодействия с моделями.

Выбор программного обеспечения для энергомоделирования достаточно широкий, но лишь некоторые из них являются сертифицированными. Сертифицированы означает одобрены специальной комиссией, подтверждающей, что расчёт производится точный, не больше определённой погрешности.

Отметим одни из принципиальных особенностей при создании модели потребления энергии:

1) В связи с тем, что BEM появилось задолго до BIM, и развивались они несколько опосредованно друг от друга, долгое время существовала проблема переноса геометрии из одних программ в другие, т.к. в BIM-модели остается много «лишних» данных, мешающих корректному импорту в BEM-программах. На сегодняшний день эта проблема решается несколькими способами, например, упрощением начальной модели: исключаются поверхности, не влияющие на теплообмен; устраняются все неточности в геометрии, которая строится при помощи линий с нулевым весом и плоских поверхностей. Это не повлияет на результат расчёта, но сделает его гораздо более быстрым и простым. Также некоторые из программ имеют возможность создавать модель с нуля без необходимости её импорта.

2) Для расчета необходимы файлы с климатическими данными, включающие в себя метеорологические условия местности (температура, влажность, давление воздуха, скорость и направление ветра, значения солнечной радиации и т.д.). Результат моделирования напрямую зависит от качества погодных файлов. Обычно в базовом наборе программ присутствуют климатические данные для многих городов, но для России выбор всегда сильно ограничен. Есть возможность купить погодные файлы для крупных городов (75-100\$/файл), но для небольших населенных пунктов они отсутствуют. Для решения данной проблемы используется программа Meteorom, создающая погодные файлы в любой точке планеты на основании триангуляции данных с тысяч собственных метеостанций по всему миру.

3) Для передачи архитектурно-планировочных решений, геометрии здания, зон, расписаний, нагрузок и инженерных систем проекта используются особые форматы файлов, основными из которых являются gbXML (green building XML) и IFC.

4) Расписания эксплуатации здания и алгоритм работы инженерных систем позволяют сделать энергетический расчёт модели наиболее точным и приближенным к реальному. Расписания – это инструмент, содержащий в себе значения почасовых внутренних переменных нагрузок и параметров: потребление воды и электроэнергии, количество людей, параметры микроклимата помещений и работы инженерных систем. Большинство программ содержат базовые расписания для типовых зданий и режимов работы.

Существуют целые программные комплексы для полного расчёта теплотеря и теплоступлений, но также для решения отдельных задач можно использовать небольшие программы. Например, отдельно можно рассчитать стеклопакеты, или получить рекомендации по лучшей ориентации здания по сторонам света и многое другое.

В данной статье делается акцент на больших программах, включающих в себя полноценный расчёт. Особенностью таких программ является возможность «включать» и «исключать» из расчёта определённые параметры, т.е. учитывать их в расчёте или нет.

Уже на первых ранних стадиях проектирования инженерам необходимо принимать важные решения, причём, некоторые из них вряд ли удастся потом изменить, поэтому достоверность исходных данных для таких решений играет важную роль. Тем не менее, большинство данных изначально отсутствует, но, несмотря на это, проектировщик всё равно может оценить степень точности расчёта. Рассмотрим подробнее оценку точности расчёта при различных начальных параметрах.

Итак, в начале нового проекта архитектор выдаёт примерный эскиз будущего здания в 3D формате. Перед проектировщиками встаёт вопрос: какие параметры необходимо получить от инженеров для внесения в модель для обеспечения конкретной заданной точности? Для ответа на него разработана соответствующая программа.

Эта программа представляет собой базу данных значений теплотерь для целого ряда полноценных финальных расчётов различных зданий. Для каждого параметра расчёта указаны соответствующие значения теплопотерь. Под «параметрами расчёта» имеются в виду те самые опции, которые возможно включать или исключать из расчёта. Исключение параметра характеризует отсутствие знания о нём на ранних стадиях расчёта. Программа по особому алгоритму высчитывает процентное влияние каждого из таких параметров на финальную точность расчёта, затем вычисляет среднее значение и диапазон разброса для каждого параметра, и на основании этих значений выдаёт список параметров, удовлетворяющих заданной точности (или несколько списков, если комбинаций может быть несколько). При необходимости, имеется возможность принудительно включить в расчёт определённый параметр, или исключить его.

Также, возможно решать и обратную задачу, указав требуемые параметры и получив в результате соответствующую точность расчёта.

Задача осложняется тем, что в BIM моделировании существует понятие LOD – т.е. level of detailing, уровень детализации модели. Для наглядного представления на данном слайде указаны примерные требования для каждого уровня LOD. На ранних стадиях (рис. 1) это лишь габариты объектов и примерный материал, а после возведения на стадии эксплуатации – реальные использованные при строительстве объекты (как правило, многое приходится менять прямо во время возведения).

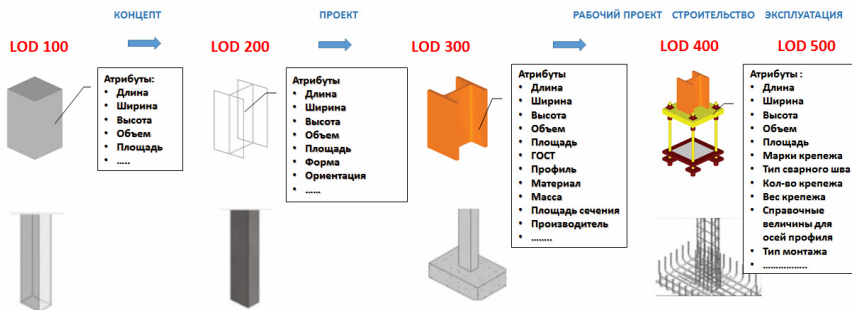


Рис. 1. Уровни детализации модели

В ВЕМ моделировании детализация тоже играет важную роль, т.к., например, материалы стен или окон можно задать несколькими способами, от условных до абсолютно точных. В целом, данное программное обеспечение позволяет помочь проектировщикам оперативнее формулировать требования к проекту на различных стадиях проектирования и оптимизировать затраты на само проектирование.

Конечно, есть ряд взаимосвязанных сложностей в данной сфере, а именно:

- медленное развитие BIM в целом в мире и в частности в нашей стране;
- отсутствие законодательной базы применения BIM. На сегодняшний день отправлены на рассмотрение ряд СП, но пока что официально они не опубликованы;
- исходя из предыдущих причин, развитие BIM тем более минимально, несмотря на то, что это весьма перспективная технология;
- для работы с BIM и BIM программным обеспечением требуются высококвалифицированные инженеры, т.к. порог вхождения достаточно высок и требует узкоспециализированных знаний.

Библиографический список

1. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. – М.: Минрегион России, 2012. – 57 с.
2. Руководство АВОК-8-2011 «Руководство по расчету теплотребления эксплуатируемых жилых зданий». – М. 2007. – 24 с.
3. Волков А.А., Седов А.В., Чельшков П.Д., Зинков А.И. Задачи автоматизации в задачах энергосбережения // Автоматизация зданий. 2010. №3-4. С. 38-39.
4. Задачи автоматизации в задачах энергосбережения. А.А. Волков, А.В. Седов, П.Д. Чельшков, А.И. Зинков // Автоматизация зданий. 2010. № 3 (36).
5. Чельшков П.Д., Гроссман Я.Э., Хроменкова А.А. Анализ программных комплексов для энергомоделирования // Промышленное и гражданское строительство. 2017. №7. С. 79-84
6. Design Builder Support. [Электронный ресурс]. 18.12.2017. Режим доступа: <http://www.designbuilder.co.uk/helpv4.6/Content/Tutorials.htm>
7. Уровни детализации элементов информационной модели здания. [Электронный ресурс]. 18.12.2017. Режим доступа: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17329
8. Уровень проработки BIM-модели (LOD/LOI) как инструмент управления проектированием. [Электронный ресурс]. 18.12.2017. Режим доступа: http://www.autodeskuniversity.ru/uploads/archive/presentation/240/AUR2015_Ma nin.pdf

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ИНСТРУМЕНТА CLIMATE CONSULTANTE В АРХИТЕКТУРНОЙ КЛИМАТОЛОГИИ

*Гусарова А.А., магистр 1-го курса 6 группы ИИЭСМ
Научный руководитель – Шилкина С.В., доц., к.т.н.*

Для повышения энергоэффективности, надежности и комфортности здания используют методы архитектурной климатологии [1]. Архитектурная климатология – наука, которая рассматривает связь архитектуры зданий и климатических условий. В процессе разработки строительных объектов используют СНиПы, связанные со строительственно-климатическим зонированием [2-4]. В этих документах содержатся климатические данные по разным районам России. На наш взгляд, для более понятного и точного представления климатической обстановки в районе застройки целесообразно использовать программу Climate Consultante.

Climate Consultante – приложение для получения подробной картины климатических условий района строительства. Этот программный продукт представляет для строителей определённый интерес, он разработан в США.

Данным инструментом могут пользоваться, как инженеры, так и студенты для получения данных в удобном представлении. Основой для работы с приложением является файл формата EPW (8760 часов), который содержит данные о состоянии погоды за год в выбранном регионе. Такой файл можно получить в открытом доступе на сайтах Department of Energy, Meteorom или в других источниках. Правда, информация в таком виде по регионам России доступна в ограниченном количестве, в отличие от регионов Америки и Европы [5-6].

Данные об особенностях климата в приложении программы представлены в виде физико-метрических графиков и диаграмм, что достаточно удобно для понимания общей картины. Выводы и заключения, полученные с помощью программы, помогут сформировать перечень наиболее энергоэффективных архитектурных решений для строительства [7]. Полученные выводы могут быть применены не только в сфере непосредственного строительства, но также и в случае реконструкции, что, конечно же, поможет повысить показатели энергоэффективности здания.

Для начала работы необходимо наличие файла формата EPW для рассматриваемой территории строительства, который загружается в программу для анализа климата. Также нужно выбрать по каким параметрам будут оцениваться данные о погоде и далее необходимо задать параметры для комфортного пребывания, если они отличаются от установленных параметров по умолчанию. В зависимости от назначения здания параметры комфорта различаются. Настройки по умолчанию установлены на калифорнийские стандарты.

На слайдах программы при калифорнийском моделировании комфорта представлены: температурная диаграмма с индикацией теплового комфорта по месяцам; диаграмма среднесуточных показателей перепада температур и

количества солнечного света по месяцам; диаграмма количества света, падающего на поверхность (график можно менять за счет изменения угла наклона поверхности); диаграмма показателя облачности; диаграмма почасовых показателей температуры в разное время года с указанием величин температур, которые находятся в зоне комфортного пребывания или вне её; психрометрический график соотношения влажности и температуры (по оси абсцисс на графике откладывается температура воздуха, а по оси ординат – абсолютная влажность, возможен отбор наиболее результативных стратегий); описание стратегий; ветровое колесо (отображение преобладающего направления ветра и его почасовое поведения).

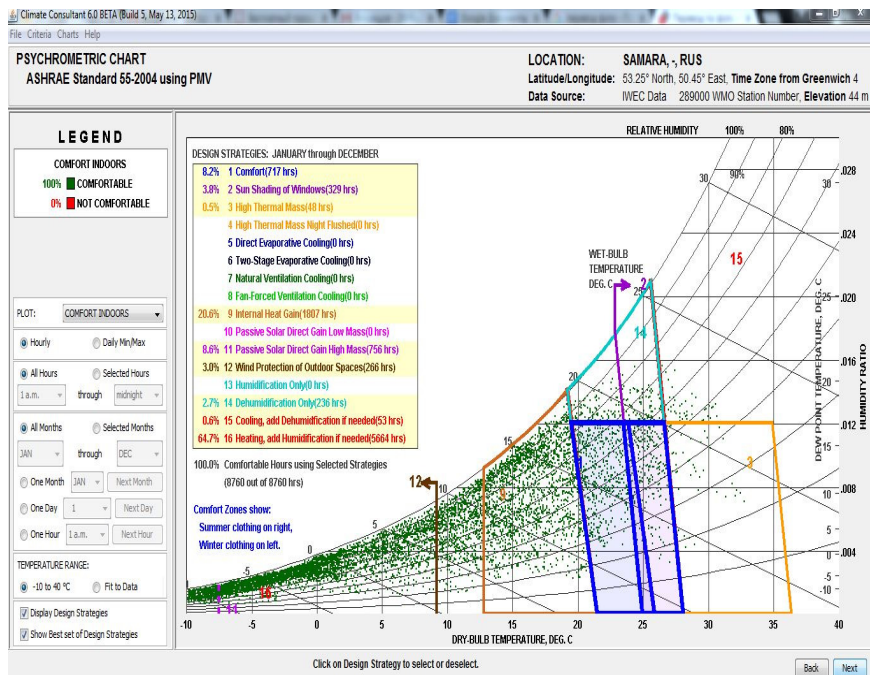


Рис. 1. Психрометрический график.

Рассмотрим применение данного программного продукта на примере города Самара. В концепции развития городского округа Самара указано о территориально-пространственном развитии города за счет возведения и реконструкции малоэтажных жилых застроек. Данный вид строительства можно оценить в полной мере с точки зрения климатических особенностей с помощью Climate Consultante. Все расчеты проведены с параметрами комфорта, установленными в программе по умолчанию, по модели «ASHRAE Standard 55 and Current Handbook of Fundamentals Model». В соответствии с данной моделью тепловой комфорт определяется по сухому термометру, типу одежды, метаболической активности, скорости воздуха,

влажности и средней лучистой температуре. Зону, в которой находится большинство людей, удобно рассчитывать по модели PMV (Predicted Mean Vote). Также в выбранной модели учитывается и то, что в жилых помещениях люди одеваются по сезону и чувствуют себя комфортно при высоких скоростях воздуха, при этом диапазон комфорта становится более широким, чем в зданиях с централизованными системами общеобменной вентиляции и кондиционирования (ОВК).

В результате анализа климата города Самары были получены результаты исследований и сделаны определенные выводы, даны рекомендации по использованию стратегий. На рис. 1 представлен психометрический график с рекомендациями по стратегиям проектирования. По оси абсцисс откладывается температура воздуха, по оси ординат – абсолютная влажность. Возможность отключать некоторые стратеги на этом графике помогает понять влияние разных стратегий на уровень комфорта.

В таблице 1 представлены рекомендуемые наиболее полезные стратегии по проектированию, сформированные на психометрическом графике.

Таблица 1

Перечень полезных стратегий проектирования

№ п/п	Стратегии проектирования	Количество комфортных часов пребывания в год, %
1	Отопление, предусмотреть увлажнение (при необходимости)	64,7
2	Внутренние теплопоступления	20,6
3	Пассивное солнечное прямое усиление высокой массы	8,6
4	Удобства	8,2
5	Солнцезащитные окна	3,8
6	Защита от ветра на открытом пространстве	3,0
7	Осушение воздуха	2,7
8	Охлаждение, предусмотреть осушение воздуха (при необходимости)	0,6
9	Высокая тепловая масса (аккумуляция тепла)	0,5

На рис. 2 представлен список рекомендаций для реализации стратегий, рекомендованных для данного климата после анализа слайда на рис. 1.

Список рекомендаций с учетом влияния на степень комфорта здания в процентах, представлен в таблице 2.

На рис. 3 изображено описание одной из стратегий, соответственно. Например, описание стратегии, изображенной на рис. 3, следующее: «Традиционные пассивные дома в холодном климате должны иметь планировку, включающую центральный источник тепла, окна расположенные на южной стороне, и скат крыши для защиты от ветра».

Перечень рекомендаций к проектированию

№ п/п	Рекомендация
1	2
1	Для пассивного солнечного отопления большую часть элементов остекления сместить на юг для максимального использования солнечной энергии в зимнее время (с установкой навесов, для уменьшения влияния солнца летом).
2	Обеспечить установку двойных стеклопакетов (Low-E) на западе на север и восток, кроме юга для максимального пассивного солнечного усиления.
3	Уменьшите температуру в помещении в ночное время, чтобы уменьшить потребление тепловой энергии (понижение температуры термостата).
4	Использовать небольшую часть дома в ночное время (избыточность отработанного тепла и энергии охлаждения).
5	Высокоэффективный КПД отопительного элемента должен обеспечивать экономическую эффективность.
6	Тепловое усиление от света, людей и оборудования значительно уменьшает потребности в отоплении, поэтому стоит обеспечить дом хорошей изоляцией.
7	Крутой скат крыши с вентилируемым чердаком. Изолированный потолок хорошо работает в холодных климатических условиях (сход дождя и снега и помогает предотвратить наледи).
8	Дополнительная изоляция может быть экономически эффективной и повысить комфорт.
9	Если используется подвал. Располагаться он должен минимум на 18 дюймов ниже линии промерзания и изолирован внешне (пена) или внутренне (стекловолокно в скошенной стене)
10	Традиционные пассивные дома в прохладном пасмурном климате имеют плотную герметичную хорошо изолированную конструкцию с низкой массой для обеспечения быстрого накопления тепла утром
11	Солнечные защищенные от ветра открытые пространства могут расширяться в районах прохладной погоды (сезонные солнечные комнаты, закрытые внутренний дворик или веранда).
12	Организовать план так, чтобы зимнее солнечная энергия проникало в дневное используемое пространство.
13	Плитки или шифер (даже на деревянных полах) или каменный камин обеспечивают достаточную поверхностную массу для хранения дневного солнечного усиления и летнего ночного «холода».
14	Использовать пристройку (гараж, складское помещение) с ветреной стороны для улучшения изоляции.
15	Использовать планировку, включающую центральный источник тепла, окна расположенные на южной стороне, и скат крыши для защиты от ветра.
16	Отказ от посадки лиственных деревьев напротив окон для пассивного солнечного отопления.
17	Используйте воздушные шлюзы, чтобы минимизировать проникновение наружного воздуха и исключить сквозняки в холодных ветреных местах.

1	2
18	Небольшие хорошо изолированные мансардные окна (менее 3% от площади пола при преобладании ясного небосвода, более 5% в ином случае) для сокращения дневного освещения и тепловых нагрузок.
19	Изолирующие жалюзи, тяжелые драпировки или оконные ставни помогут уменьшить потери тепла в зимнее время.
20	Тщательно изолировать здание, чтобы минимизировать проникновение и устранить сквозняки, особенно на ветреных участках

Climate Consultant 6.0 BETA (Build 5, May 13, 2015)

File Criteria Charts Help

DESIGN GUIDELINES (for the Full Year)
ASHRAE Standard 55-2004 using PMV
Best Set of Design Strategies, User Modified Criteria

LOCATION: SAMARA, -, RUS
Latitude/Longitude: 53.25° North, 50.45° East, Time Zone from Greenwich 4
Data Source: IWECC Data 286000 WMO Station Number, Elevation 44 m

Assuming only the Design Strategies that were selected on the Psychrometric Chart, 100.0% of the hours will be Comfortable.
This list of Residential Design guidelines applies specifically to this particular climate, starting with the most important first. Click on a Guideline to see a sketch of how this Design Guideline shapes building design (see Help).

- For passive solar heating face most of the glass area south to maximize winter sun exposure, but design overhangs to fully shade in summer
- Provide double pane high performance glazing (Low-E) on west, north, and east, but clear on south for maximum passive solar gain
- Lower the indoor comfort temperature at night to reduce heating energy consumption (lower thermostat heating setback) (see comfort low criteria)
- Keep the building small (right-sized) because excessive floor area wastes heating and cooling energy
- High Efficiency furnace (at least Energy Star) should prove cost effective
- Heat gain from lights, people, and equipment greatly reduces heating needs so keep home tight, well insulated (to lower Balance Point temperature)
- Sleep pitched roof, with a vented attic over a well insulated ceiling, works well in cold climates (sheds rain and snow, and helps prevent ice dams)
- Extra insulation (super insulation) might prove cost effective, and will increase occupant comfort by keeping indoor temperatures more uniform
- If a basement is used it must be at least 18 inches below frost line and insulated on the exterior (foam) or on the interior (fiberglass in furred wall)
- Traditional passive homes in cool overcast climates used low mass tightly sealed, well insulated construction to provide rapid heat buildup in morning
- Sunny wind-protected outdoor spaces can extend living areas in cool weather (seasonal sun rooms, enclosed patios, courtyards, or verandahs)
- Organize floorplan so winter sun penetrates into daytime use spaces with specific functions that coincide with solar orientation
- Tiles or slate (even on wood floors) or a stone-faced fireplace provides enough surface mass to store winter daytime solar gain and summer nighttime "coolth"
- Locate garages or storage areas on the side of the building facing the coldest wind to help insulate
- Traditional passive homes in cold clear climates had snug floorplan with central heat source, south facing windows, and roof pitched for wind protection
- Trees (neither conifer or deciduous) should not be planted in front of passive solar windows, but are OK beyond 45 degrees from each corner
- Use vestibule entries (air locks) to minimize infiltration and eliminate drafts, in cold windy sites
- Small well-insulated skylights (less than 3% of floor area in clear climates, 5% in overcast) reduce daytime lighting energy and cooling loads
- Insulating blinds, heavy draperies, or operable window shutters will help reduce winter night-time heat losses
- Carefully seal building to minimize infiltration and eliminate drafts, especially in windy sites (house wrap, weather stripping, tight windows)

Back Next

Рис. 2. Список рекомендуемых стратегий

Полученные рекомендации могут быть полезны для анализа выбранного региона. По мнению авторов, одной из важнейших причин медленного развития в строительной отрасли России экологического строительства и «зеленых» технологий является большое разнообразие климатических зон её огромной территории. Каждый район имеет свои особенности. Например, температура воздуха в поселке Утта (Калмыкия) может подняться до $+45^{\circ}\text{C}$, тогда, как в городе Верхоянск столбик термометра может опуститься до -70°C [8]. Также в последнее время климат постоянно меняется, изменения могут быть не учтены в нормативных документах, которые используют достаточно устаревшие метеоданные.

Таким образом, применение современных программных инструментов для расчета оптимальных решений в области строительства объектов, является необходимым [9]. В данном случае, применение рассмотренной программы является признаком высокого интереса к развитию экологического строительства – явления перспективного для изучения, проведения исследований и применения в России [10].

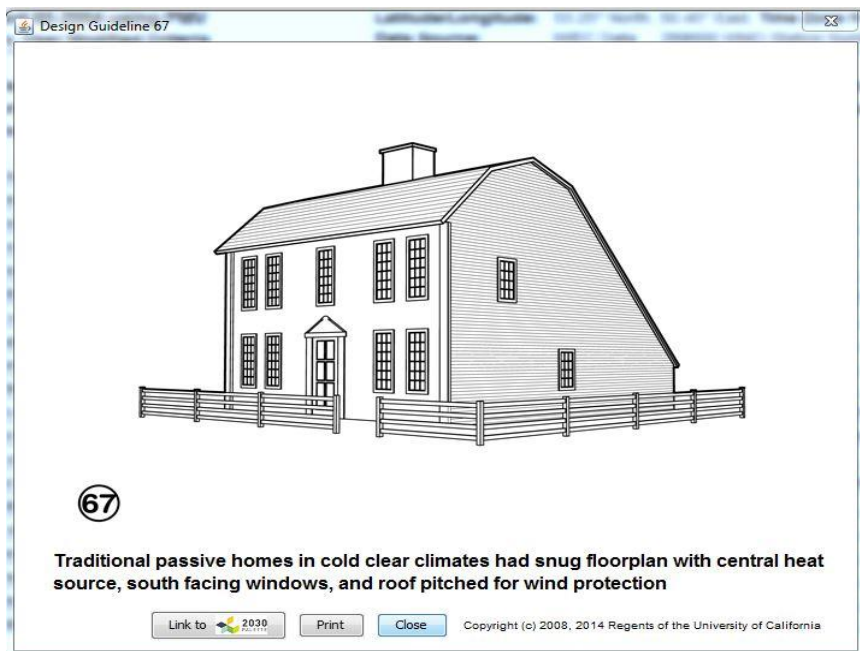


Рис. 3. Описание стратегии

Использование данной программы, как одного из инструментов для выбора архитектурных стратегий, может быть очень удобным на этапе проектирования. Программа сама предлагает решения с их обоснованием. Правильный выбор архитектуры поможет повысить энергоэффективность здания и уменьшить коэффициент отрицательного влияния здания на здоровье человека. Данный подход актуален для большой территории России, где климатические условия достаточно неоднородны.

Кроме вышеперечисленных преимуществ, ещё одним достоинством данной программы является её бесплатное распространение и наличие инструкции по работе. В качестве недостатка можно отметить отсутствие русифицированной версии данного приложения, но, исходя из практики, возможно достаточным для использования Climate Consultante будет перевод основных слайдов программы и выводов, так как основную часть в программе занимают диаграммы и графики, понятные специалистам и без знания английского языка.

Библиографический список

1. Мягков М. С. Архитектурная климатология : учебное пособие / Кафедра «Архитектурная физика». – М. : МАРХИ, 2016. – 240 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=753387>, свободный.

2. СНиП II-A.6-72. Строительная климатология и геофизика, 2013.
3. ГОСТ Р 57260-2016 (ИСО 15469:2004). Климатология строительная. Параметры для расчета естественного освещения с учетом распределения яркости по небосводу, 2016.
4. СП 131.13330.2012 Строительная климатология Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменением № 2), 2015.
5. Сайт Climate Consultant [Электронный ресурс] – Департамент архитектуры и городского дизайна Калифорнийского университета, Лос-Анджелес – Режим доступа: <http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/> , свободный
6. Сайт Meteonorm [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.meteonorm.com/> , свободный.
7. Король Т.О. Роль природно-экологических факторов при внедрении зеленых строительных технологий в России // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2017. Т. 25. № 1. С. 155-168.
8. Климат России. Википедия [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D1%82_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8 , свободный.
9. Шилкина С.В., Гусарова А.А. Анализ биоклиматических условий для строительства зданий с высокой степенью комфорта пребывания // Научное обозрение. 2016. №7. С. 231-235.
10. Книгина Д. Экология сегодня – экономия завтра // Инженерные сооружения. 2014. № 3[5]. С. 38-41.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ ДРОБЛЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ

Зинченко С.В. аспирант 4-го курса кафедры АиЭ
Научный руководитель – *Чеботаева Е.М.*, доц., к.т.н.

Процессы измельчения горных пород занимают значительное место в современной строительной технологии и являются достаточно сложными и плохо изученными. Основам теории дробления посвящен ряд публикаций. В этих работах, используя выводы линейной теории упругости, авторы получили математические соотношения, определяющие рабочие усилия при дроблении и энергоёмкость. В работе Воробьева В.А. и Надилова А.Г. «Оптимизация процесса дробления каменных строительных материалов на основе математической модели», исходя из теории подобия, указывается на пропорциональность работы сил упругости при дроблении уменьшению объёма кусков. Установлено, что энергетические затраты на дробление составляют 95 % общих затрат на производство. Очевидна необходимость проведения исследований по совершенствованию существующих и разработке новых энергосберегающих методов дробления. Несмотря на существующие исследования возможности гидравлических, пневматических, электрических, термических способов дробления камня, основным способом дробления в настоящее время является механический способ как наиболее производительный, экономичный и безопасный,

Из механических агрегатов дробления широко используются три типа дробилок: щековые, конусные и роторные. Реже в строительстве применяются дробилки валкового и молоткового типа.



Рис. 1 – Щековая дробилка

Щековые дробилки (рис. 1) используются для крупного и среднего дробления прочных и абразивных горных пород (гранит, диабаз, песчаник).

Дробление производится посредством двух «щеки» – плит, одна из которых совершает колебательные движения.

Для снижения износа внутренние стенки щеки упрочняются твердыми материалами. Характерная черта щековых дробилок – высокая производительность на начальных стадиях дробления. Их изготавливают следующих типов:

- с простым движением щеки (траектория – дуга окружности);
- со сложным движением щеки (траектория – замкнутый эллипс).

При дроблении пород средней твердости производительность щековых дробилок достигает 300 м³/ч.

Ширина приемного отверстия определяет максимально возможную крупность кусков, загружаемых в дробилку.

Куски загружаемого исходного материала перемещаются под действием сил тяжести вниз и разрушаются при сближении щёк. Крупные исходные куски крошатся и перерабатываются, вплоть до песка и пыли. Куски, меньше размера выходной щели b , выходят из дробилки, а материал, оставшийся между щеками в камере дробления, продолжает обрабатываться. При работе щековых дробилок с простым движением плиты наблюдается, так называемый, эффект «бесполезной подпрессовки». Суть эффекта заключается в задержке кусков размера меньше выходной щели в дробильной камере и ненужное их дробление. Это ведёт к снижению производительности дробилки, увеличению износа механизмов и повышению стоимости производства. Снизить влияние эффекта «бесполезной подпрессовки» удаётся в дробилках со «сложным движением щеки». В дробилках со «сложным движением щеки», за счёт усложнения конструкции привода, простое качание щеки заменяется волновым движением, которое способствует перемещению материала по дробильной камере в сторону выходной щели.

Техническую производительность щековых дробилок определяют по формуле:

$$Q_t = 60Vn\mu$$

где: V – объем материала, впадающего через разгрузочную щель за один оборот эксцентрикового вала, м³; $n = 200...250$ мин⁻¹ – частота вращения эксцентрикового вала (частота качания подвижной щеки); $\mu \approx 0,3...0,65$ – коэффициент, учитывающий наличие пустот между дробимыми камнями.

Максимальную крупность продукта дробления определяют по формуле:

$$z_{\max} = K_p K_g \sqrt{\frac{t^2}{2} + (b^2 + h)^2}$$

где: K_p – коэффициент, учитывающий конфигурацию рифлений дробящей щеки (треугольные рифления $K_p = 0,8$; трапециевидальные – $K_p = 0,7$); K_g – коэффициент, учитывающий свойства материала (базальт – $K_g = 1,1$; гра-

нит – $Kg = 1,0$); t – шаг рифлений, мм (для ориентировочных расчетов $t = bz$); b_z – ширина щели, мм; h – высота рифлений, мм ($h \approx t/2$).

Средневзвешенный размер дробленого продукта (среднее значение крупности) определяется по следующей формуле:

$$z_{CB} = k_d b^2,$$

где: b_z – ширина выходной щели, мм; k_d – средневзвешенный коэффициент, который для щековых дробилок с шириной приемного отверстия $B = 600$ мм и менее составляет 0,65; при ширине приемного отверстия $B = 900$ мм и более $k_d = 0,8$.

Конусные дробилки (рис. 2) наиболее эффективны для среднего и мелкого дробления прочных и высоко прочных пород.

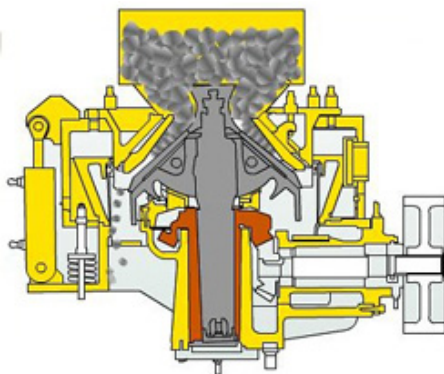


Рис. 2. Конусная дробилка

В них дробление осуществляется непрерывно за счет вращения эксцентричного конического ротора – «дробящего конуса» внутри внешнего неподвижного конуса.

В конусных дробилках вместо колебаний используется непрерывное вращение, а изменение зазора производится, в отличие от щековых дробилок, не одновременно по всей ширине щели, а попеременным её изменением по длине. Рабочий зазор в конусной дробилке изменяется не одновременно по всей ширине, как у щековой дробилки, а непрерывно по кругу, способствуя улучшению качества дробления. Входная и выходная щель в конусной дробилке имеют форму концентрических колец. Максимальный и минимальный размер выходной щели устанавливается регулировочным устройством.

Крупность продукта дробления конусных дробилок зависит в основном от размера выходной щели и прочности горной породы.

Средневзвешенная крупность продукта дробления z_{CB} для пород мягких, средних и прочных в долях выходной щели b_z конусной дробилки определяется по формуле:

$$z_{CB} = K_p b^2$$

где: $K_p = 2,2 \div 2,8$ (для мягких пород), $K_p = 2,6 \div 3,6$ (для средних пород), $K_p = 3,0 \div 5,0$ (для прочных пород).

Техническую производительность конусных дробилок определяют в $\text{м}^3/\text{с}$ по объему порции материала за один цикл дробления:

$$Q_t = 0,45 \pi n b^2 l D$$

где: n – частота вращения конуса, с^{-1} ; b – ширина выходной щели, м; l – длина параллельной зоны выходной щели, м; D – диаметр основания дробящего конуса, м.

Роторные дробилки (рис. 3) используются для всех стадий процесса дробления малообразивных пород средней прочности.

Они относятся к дробилкам ударного действия. Наибольшее распространение получили однороторные дробилки с двумя отражательными плитами. Разрушение материала здесь производится посредством бил, закрепляемых рядами на роторе.

Значение максимальной крупности дробленого материала z_{max} и производительности роторной дробилки Q рассчитывается по эмпирическим формулам. При прочих равных условиях, эти значения являются функциями размера выходной щели и окружной скорости ротора. Эти два параметра так же, как и для других дробилок, могут быть использованы для регулирования требуемого (оптимального) значения крупности продукта дробления (щебня требуемого фракционного состава) в процессе дробления.

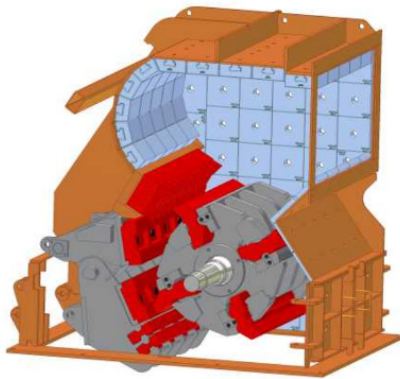


Рис. 3. Роторная дробилка

Максимальная крупность продукта дробления для роторной дробилки рассчитывается в миллиметрах по эмпирической формуле вида:

$$z_{\text{max}} = 0,5 \frac{21,3 \sigma_p}{\rho v^{1,5}} + b^2$$

где: σ_p – предел прочности горной породы при растяжении, МПа,
 ρ – плотность дробимого материала, т/м³,
 v_p – окружная скорость бил ротора, м/с;
 b – размер наименьшей выходной щели, мм.

Техническая производительность (м³/ч) – по формуле:

$$Q = 480 \frac{L_p D_p^{1,5}}{v_p^{0,35} \rho^{0,5}} k_\beta$$

где: L_p – длина ротора, м; D_p – диаметр ротора, м; v_p – окружная скорость ротора, м/с; p – число рядов бил, k_β – коэффициент, зависящий от положения отражательной плиты, равный для дробилок крупного дробления 1,7...2,0, среднего и мелкого 1,1.

Выбор типа дробилки определяется требованиями к характеристикам продукта дробления (в первую очередь, его размерами и формой) и механическими свойствами материала. Так для материалов повышенной твердости и прочности целесообразно использование щековых или конусных дробилок. При средней и малой твердости более приемлемы роторные дробилки, дающие более равномерные размеры и близкую к кубовидной форму зерна. Выбор состава оборудования определяется требованиями производительности (объемом заказов), масштабами производства и т. п. Общая компоновка оборудования может различаться в зависимости от ориентации строительства, технических и финансовых возможностей исполнителя. Дробильно-сортировочное оборудование поставляется отдельными агрегатами либо специализированными технологическими комплексами.

Библиографический список.

1. Пуляев С.М., Степанов М.А., Кайтуков Б.А. и др. Механическое оборудование и технологические комплексы: учебное пособие. – М : МГСУ, 2015. – 480 с.
2. Толстой А.Д., Лесовик В.С. Технологические процессы и оборудование предприятий строительных материалов: учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. – 336 с.
3. Гимадетдинов М.К. Автоматизация технологических процессов управления дробильно-сортировочным производством на основе методов уменьшения крупности материала до определяемой потреблением величины. Диссертация на соискание уч. ст. канд техн. наук. МАДИИ. Москва, 2015. – 174 с.
4. Лобов О.П. Автоматизация процессов дробления-грохочения фракционированного щебня на дробильно-сортировочных установках: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. – М., 2006. – 141 с.
5. Волков А.А., Чеботаева Е.М., Фокина Е.Н. Особенности структурного синтеза модульной структуры автоматизированной системы управле-

ния дробильно-сортировочным производством // Естественные и технические науки. 2014. № 9-10 (77). С. 215-217.

6. Вайсберг Л.А., Картавый А.Н. Дробильно-сортировочные комплексы в технологиях переработки твердых промышленных и коммунальных отходов // Безопасность жизнедеятельности. 2009. № 52. С. 1-24.

7. Щековая дробилка DCJ 1028. Союзгормашинжиниринг. [Электронный ресурс]. 10.02.2018. Режим доступа: <http://sgm-eng.ru/oborudovanie/shchekovaya-drobilka/>, свободный

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

*Ниязов А.Р., Чиркин Д.О. студенты 4-го курса 31 группы ИИЭСМ
Научный руководитель – Дорошенко А.В., доц., к.т.н.*

На рис. 1 изображена функциональная схема следящей системы. Система предназначена для воспроизведения исполнителем устройством управляющих сигналов g , поступающих на командную ось. Она состоит из сельсинной пары С1-С2, работающей в трансформаторном режиме, фазочувствительного усилителя (МУ), электромашинного усилителя (ЭМУ) с обмотками управления ОУ1 и ОУ2, исполнительного электродвигателя постоянного тока (ИД), механической передачи (МП) и объекта управления (О).

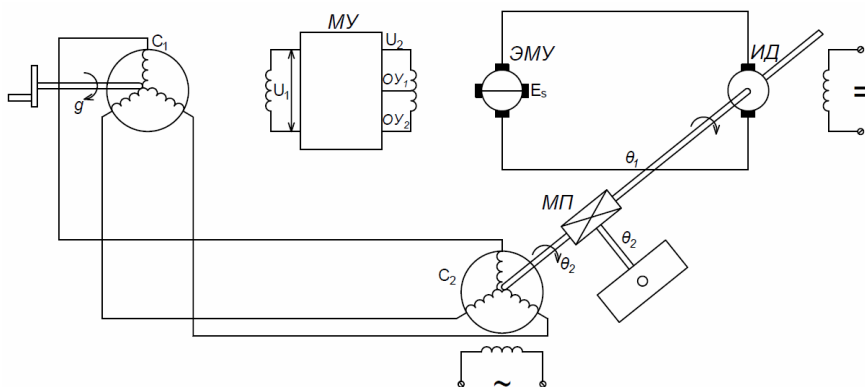


Рис. 1. Функциональная схема следящей системы управления.

Если командная ось поворачивается на некоторый уровень g , то происходит рассогласование роторов сельсинов С1-С2, и на входе МУ появляется сигнал U_1 , пропорциональный рассогласованию ε_1 (в пределах малых углов рассогласования). Вслед за этим появляется напряжение U_2 на выходе МУ и ЭДС ε_s на продольных щетках ЭМУ. Двигатель начинает вращаться, изменяются углы поворота его вала θ_1 , а также ротора сельсина приемника С2. Схема соединена так, что знак θ_2 противоположен знаку g . Когда эти углы сравниваются, исчезнет напряжение U_1 , а за ним исчезнут и последующие сигналы, тогда двигатель остановится. Исполнительная ось повернется на такой же угол, как и командная. M_n – момент нагрузки на валу ИД.

Расчетные формулы:

$$W_1(p) = \frac{U_1(p)}{\varepsilon(p)} = k_1; \quad (1)$$

$$W_2(p) = \frac{U_2(p)}{U(p)} = \frac{k_2}{(T_1 p + 1)}; \quad (2)$$

$$W_3(p) = \frac{\varepsilon_s(p)}{U_2(p)} = \frac{k_3}{(T_2 p + 1)(T_3 p + 1)}; \quad (3)$$

$$W_4'(p) = \frac{P_1'(p)}{\varepsilon_s(p)} = \frac{k_4}{(T_4 T_5 p^2 + T_4 p + 1) * p}; \quad (4)$$

$$W_4''(p) = \frac{\theta_2'(p)}{M_H(p)} = \frac{k_4''(T_5 p + 1)}{(T_4 T_5 p^2 + T_4 p + 1) * p}; \quad (5)$$

$$\theta_1(p) = \theta_1'(p) - \theta_2'(p); \quad (6)$$

$$W_5(p) = \frac{\theta_2(p)}{\theta_1(p)} = k_5; \quad (7)$$

$$\varepsilon(p) = g(p) - \theta_2(p); \quad (8)$$

Таблица 1

Исходные данные

k1 = 0,5	k2 = 0,1	k3 = 20
k4' = 60	k4'' = 0,5	k5 = 0,005
T1 = 0,01	T2 = 0,01	T3 = 0,05
T4 = 0,52	T5 = 0,01	

ИССЛЕДОВАНИЕ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ
Построение модели

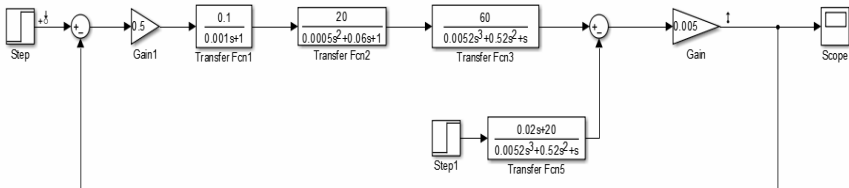
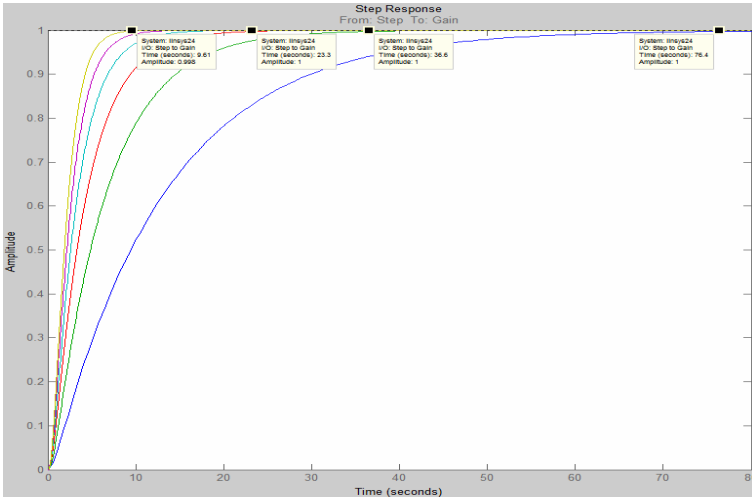
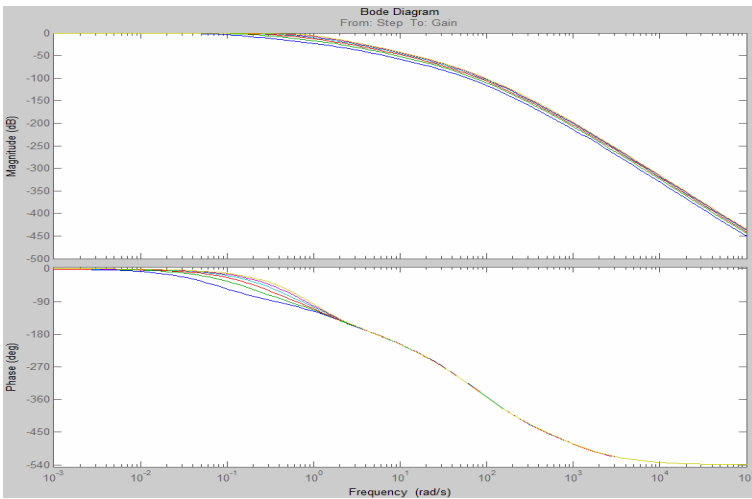


Рис. 2. Структурная схема следящей системы в Simulink

Графики функциональных зависимостей от величины k3 показаны на рис. 3-10.

Функциональные зависимости

Запас устойчивости по амплитуде	Запас устойчивости по фазе	Время переходного процесса	Величина перерегулирования
$\Delta L = f(k_3)$	$\Delta\varphi = f(k_3)$	$T_{пп} = f(k_3)$	$\sigma = f(k_3)$

Рис. 3. Изменение диаграммы Step при варьировании k_3 от 5 до 30 с шагом 5Рис. 4. Изменение диаграммы Бode при варьировании k_3 от 5 до 30 с шагом 5. Изменение запасов по амплитуде и по фазе

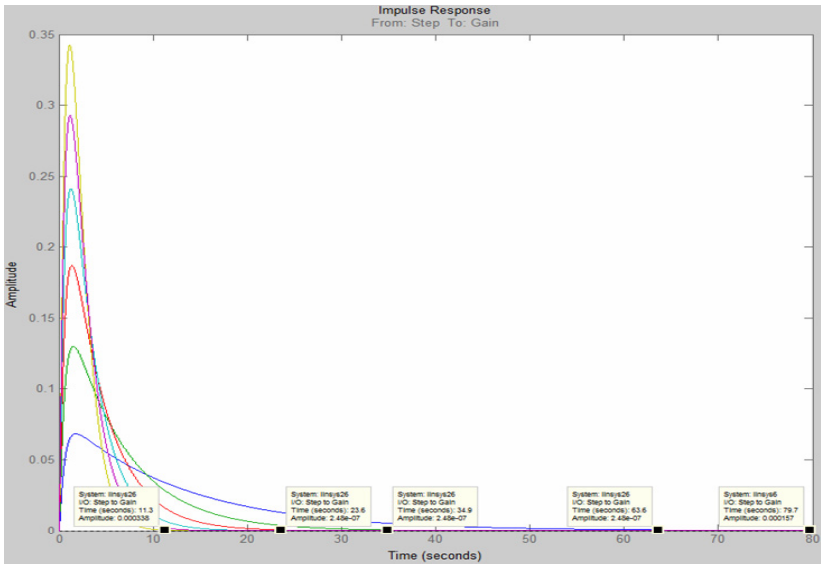


Рис. 5. Изменение диаграммы Impulse при изменении k_3 от 5 до 30 с шагом 5

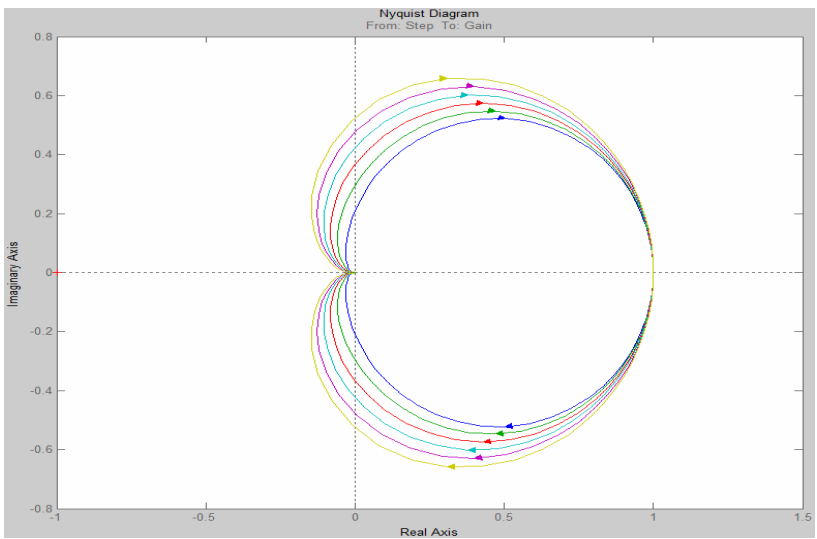


Рис. 6. Изменение диаграммы Найквиста при изменении k_3 от 5 до 30 с шагом 5

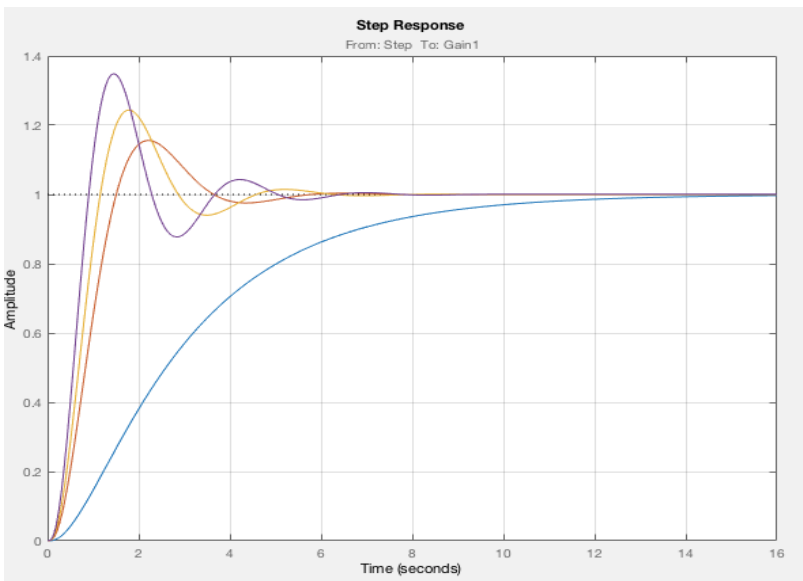


Рис. 7. Графики функциональных зависимостей от величины k_2
Изменение диаграммы Step при варьировании k_2 от 0,1 до 1 с шагом 0,2

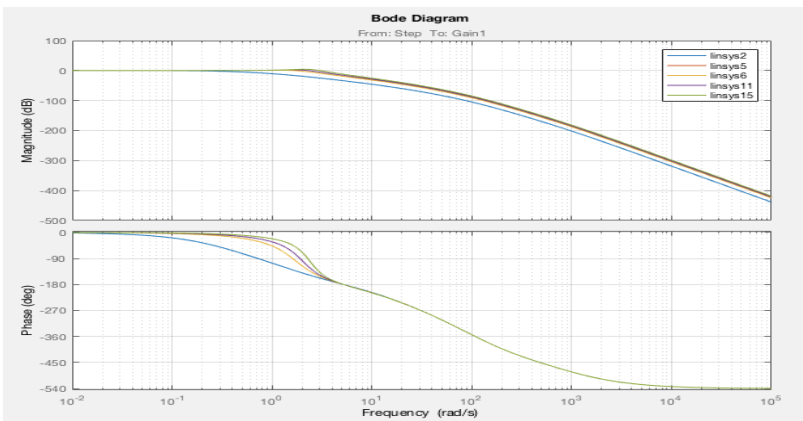


Рис. 8. Изменение диаграммы Бode при варьировании k_2 от 0,1 до 1 с шагом 0,2
Изменение запасов по амплитуде и по фазе

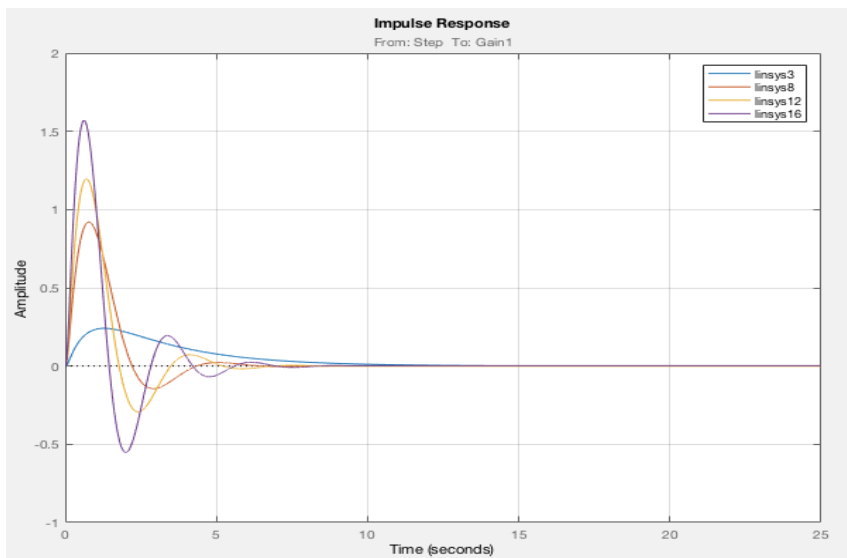


Рис. 9. Изменение диаграммы Impulse при изменении k_2 от 0,1 до 1 с шагом 0,2

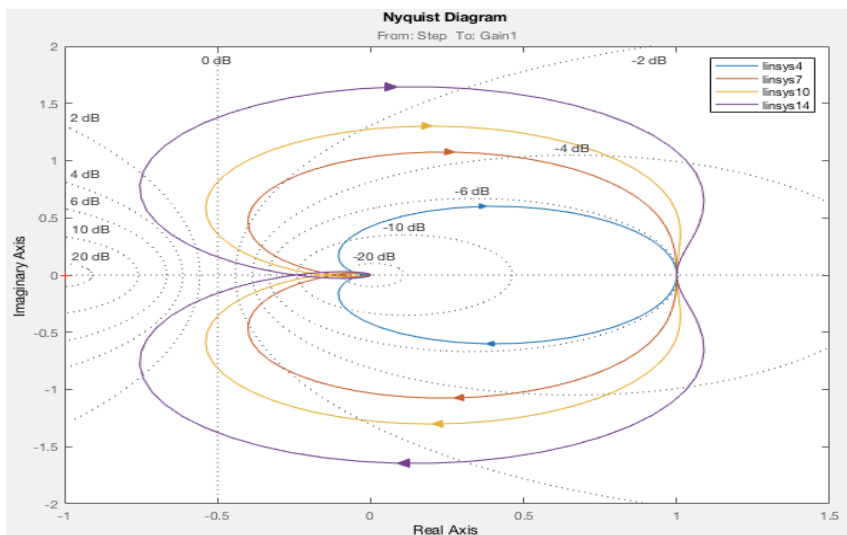


Рис. 10. Изменение диаграммы Найквиста при изменении k_2 от 0,1 до 1 с шагом 0,2

При изменении коэффициента k_2 от 1 до 9 система остается устойчивой, но слишком долго переходит в установившийся режим.

Подводя итоги, можно выявить, что, изменяя коэффициенты k_2 фазо-частотного магнитного усилителя и k_3 электромашинного усилителя, система остается устойчивой, основываясь на графики Найквиста. При варьировании k_2 от 0,1 до 1 система приходит в установившийся режим: при 0,1 с большими колебаниями, но быстрее; при 1 – без колебаний, но медленно. Оптимальное значение коэффициента $k_2 = 0,7$. Как и со значением k_2 , при значении $k_3 = 1$ система имеет огромные колебания, но быстро приходит в установившийся режим, а при увеличении коэффициента увеличивается время установившегося режима, но уменьшаются колебания. Оптимальное значение $k_3 = 20$.

Библиографический список

1. Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В. MATLAB 7. Самоучитель. – М.: ИТ Пресс, 2006. – 464 с.
2. В.П. Дьяконов. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Основы применения. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 800 с.
3. С.Поршнев. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB. – Горячая Линия – Телеком, 2003.
4. Сенигов П.Н. Теория автоматического управления: Конспект лекций. – Челябинск: ЮУрГУ, 2000 - 93с.
5. Лазарева Т.Я., Мартемьянов Ю.Ф. Основы теории автоматического управления: Учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – 352 с.
6. Дьяконов В. Simulink 4. Специальный справочник. – СПб.:2001.
7. Терёхин В.В. Основы моделирования в MATLAB. Часть 2. Simulink: Учебное пособие. – Новокузнецк: РИО НФИ КемГУ, 2004.

ПРИМЕНЕНИЕ САПР NANOCAD КАК БАЗОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ПАК СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

*Ульянов Р.С., Шиколенко И.А., аспиранты 4-го курса ИИЭСМ
Научный руководитель – Величкин В.А., доц., к.т.н.*

Введение. Светодиодные (СИД) осветительные приборы (ОП) находят всё большее применение при организации систем освещения гражданских и промышленных объектов. Данную тенденцию, отчасти, можно объяснить не только зачастую более высокими технико-экономическими характеристиками, но и наличием экологического эффекта [1], что положительным образом сказывается на процессе эксплуатации системы освещения. Однако, не смотря на определенный запас для роста доли применяемых источников света (ИС) на базе СИД относительно традиционных, рынок светотехнической продукции и систем освещения является конкурентной средой, стимулирующей производителей к разработке инновационных решений, в том числе требующих для своей работы соответствующего программного обеспечения [2]. Одним из примеров инновационных концепций организации освещения является – концепция человеко-ориентированного освещения (HCL) которая позволяет настроить освещение под биоритм человека и находит свое применение как среди представителей отечественной светотехнической отрасли [3], так и за рубежом [4]. Применение HCL может оказаться крайне полезным, особенно в тех случаях, когда наличие естественного дневного света, с одной стороны оказывает положительное воздействие на биологические процессы людей длительно находящихся в помещении [5, с. 889-893], с другой стороны его воздействие в силу климатических особенностей может способствовать повышенной утомляемости сотрудника за счет создания визуального дискомфорта и избыточного теплового воздействия [6]. При этом применение других технологий обеспечения естественной освещенности [7] может быть затруднительно. Учитывая теоретическую возможность достижения качественных и количественных характеристик искусственного излучения соответствующим эталонам естественного [8], применение и дальнейшее развитие HCL является перспективой направлением для светотехнической отрасли. Однако, задача проектирования режимов управления для подобных систем освещения существенно усложняется, ведь помимо традиционных характеристик, таких как освещенность, показатель дискомфорта, индекс цветопередачи и цветовая температура, а также показатели энергоэффективности, необходимо будет оценить их взаимосвязь с биологическим эффектом от воздействия освещения на человека в течении суток [9, 10]. В связи с чем становится очевидной необходимость автоматизации процессов расчёта и оценки данных факторов в совокупности. Необходимость данных решений возникает уже на этапе

проектирования и, в определенных случаях, на этапе эксплуатации системы освещения.

Преимущества NanoCAD как базовой платформы САПР. NanoCAD – отечественная САПР платформа, предназначенная, как для двухмерного так и для трехмерного проектирования (при наличии дополнительных модулей), оптимизированная для работы с отечественными государственными стандартами. В настоящее время актуальной версией платформы является версия 8.5. Платформа NanoCAD, является базовым решением для работы специализированных приложений в области строительного и машиностроительного проектирования, в том числе реализующих концепцию информационного моделирования зданий (BIM) [11]. Концепции базовой платформы вертикально-интегрированных специализированных приложений, реализуется за счет предоставления доступа к программным интерфейсам приложения (API), который, в том числе, доступен и для разработки сторонних пользовательских приложений. Для реализации задач, обозначенных в вводной части статьи наиболее перспективным, является MultiCAD.NET API, который предоставляет кросс-САПР-платформенный инструментарий для разработки пользовательских объектов и позволяет в рамках базовой платформы применять технологии, предоставляемые в рамках .NET Framework 4 [12 с. 323-351]. Также необходимо отметить, что при необходимости возможно комбинирование различных API для платформы NanoCAD, например, .NET API и MultiCAD.NET API, что может быть особенно актуально, при разработке для бесплатной версии программного продукта (NanoCAD 5.1), базирующейся на предыдущей версии MultiCAD.NET API и NET Framework 3.5 [13].

Место программной библиотеки для платформы NanoCAD в рамках концепции ПАК. Непосредственно концепция программно-аппаратного комплекса изложена в предыдущей работе коллектива авторов статьи [14]. В данной работе акцент будет сделан на сферу применения программного решения на базе САПР NanoCAD. Схема взаимосвязи разрабатываемого модуля САПР и базовой платформы представлена на рис. 1.

Рассмотрим ключевые элементы данной схемы:

1. Блок входных данных.

1.1. Ввод пользовательских данных на этапе проектирования – предусматривает традиционный для процесса проектирования с помощью САПР этап вычерчивания или загрузки геометрических контуров помещений здания (на данном этапе без функции параметризации), размещения специализированных объектов (реализованных через разрабатываемый модуль САПР), ввод данных через свойства объектов и специализированные формы (реализованные через разрабатываемый модуль САПР), а также размещение иных графических и текстовых объектов.

1.2. Ввод пользовательских данных на этапе эксплуатации – аналогичен предыдущему этапу, но может применяться в процессе эксплуатации реализованной системы при необходимости актуализации состояния, а также внесения изменений в процессе её работы.

1.3. Ввод данных от аппаратной части ПАК – на данном этапе подразумевается ручной (а в последствии и автоматизированный), сбор данных о состоянии системы освещения с учетом привязки на местности (в помещении), посредством специализированного портативного устройства, с последующей автоматизированной передачей в САПР.

2. Базовая платформа NanoCAD – использование функционала, предоставляемого платформой и программным интерфейсом приложения. В настоящее время рабочей версией является платформа NanoCAD 8.5 и MultiCAD.NET API 7.0 соответственно. На основании входных данных, результатов работы базовой платформы и разрабатываемого модуля САПР формирует обновленный чертеж. (см п. 4)

3. Разрабатываемый модуль САПР.

3.1. Подсистема пользовательских объектов – реализация объектов, расширяющих функциональность базовой платформы. В настоящее время в качестве ключевых объектов рассматриваются модели осветительных приборов и контуры расчётных зон (которые, как правило, совпадают с контуром помещения).

3.2. Модуль расчета освещенности – реализует функции расчёта освещенности поверхности от размещенных в расчетной зоне ОП. В настоящее время реализуется точечный метод расчёта освещенности.

3.3. Модуль оптимизации размещения осветительных приборов – на основании расчета освещенности производит при наличии возможности поиск путей, оптимизирующих размещение осветительных приборов, с точки зрения равномерности распределения светового потока при условии удовлетворения заданным ограничениям. Формирует обновления чертежа для п.2.

3.4. Модуль расчета и оптимизации параметров освещения для HCL – производит расчёт и оптимизацию степени биологического воздействия [15, с. 5-17] системы освещения на организм человека в различные заданные промежутки времени с учетом установленных ограничений. На основании проведенных вычислений формирует таблицу режимов работы системы освещения для п.2, а также при наличии возможности (наличие моделей обрабатывающих API ОП) формирует фрагмент кода управляющей программы, предназначенной для внедрения в программу управления системой освещения (см п. 4).

4. Выходные данные.

4.1. Чертеж с данными – документ в формате базовой платформы САПР (в настоящий момент документ формата *.dwg), содержащий результаты проектирования и результаты расчёта (при необходимости представленные на разных слоях чертежа), в том числе табличные документы, описывающие режим работы системы освещения.

4.2. Программа для управления осветительным прибором – при наличии соответствующей реализации в разрабатываемом модуле САПР сведений об API осветительных приборов формируется фрагмент кода управляющей программы, реализующий управление мощностью излучателей

ОП. В случае отсутствия данных об API возможно формирование «мета-кода» описывающего общие принципы работы (см п. 4).

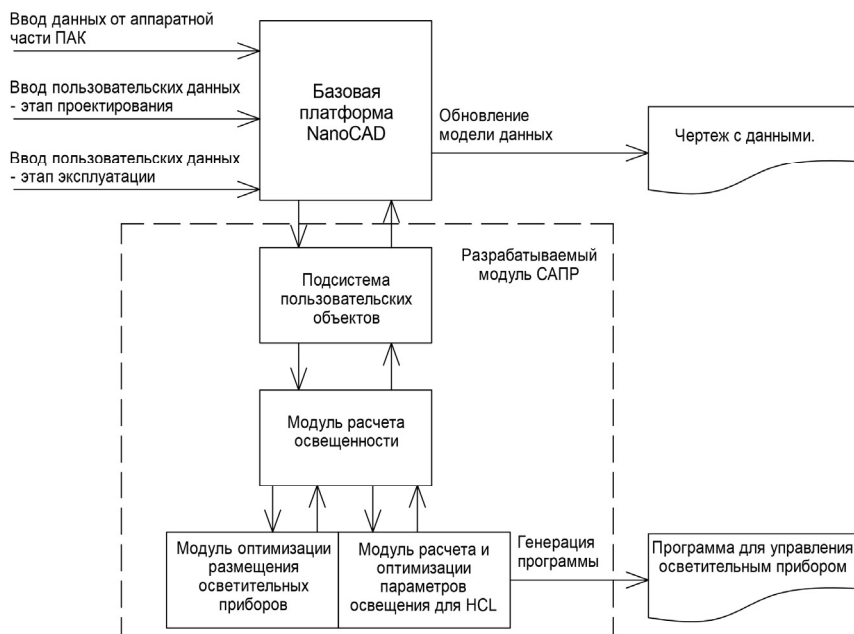


Рис. 1. Схема взаимосвязи разрабатываемого модуля САПР и базовой платформы.

Заключение. В рамках данной статьи был проведен анализ тенденции развития светотехнической отрасли в части внедрения инновационных решений направленных на модернизацию подходов к организации искусственного освещения с учетом биологических ритмов человека. Исходя из перспективы развития, обозначенного направления и потенциальной сложности проведения соответствующих процедур, коллективом авторов была предложена концепция совершенствования процедуры проектирования при помощи САПР на базе одной из распространенных в РФ платформ. В качестве базовой платформы был выбран NanoCAD ввиду того, что он реализует весь базовый функционал необходимый для решения подобного класса задач, а также предоставляет инструментарий для разработки интегрируемых программных модулей позволяющих с помощью распространенного языка программирования высокого уровня реализовать необходимый функционал как в части необходимой для оптимизации расстановки светильников, так и в части определения режимов работы осветительной установки с учетом биологического воздействия на организм человека. Исходя из сказанного выше, можно сделать предварительный вывод о целесообразности проведения дальнейших исследований в рамках данного направления.

Данное научное исследование проводится при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программе «УМНИК» по теме «Разработка интеллектуального модульного программно-аппаратного комплекса для генерирования программы управления регулируемыи системами освещения» в рамках договора № 11523ГУ/2017 от 19.05.2017 г.

Библиографический список

1. Мурзак Н.А., Брыль С.В., Мурзак И.А., Копырина В.В., Зайцева Т. А. Оценка эффективности светодиодного освещения с позиции экологии и энергосбережения // Экология и строительство. 2016. №4. С.36-42.
2. Колчина Н.О. Маркетинговая активность участников светотехнического рынка // Регионология. 2015. №1 (90). С.100-106.
3. Ульянова Н. На светлой стороне // Бизнес-журнал. 2015. №1 (226). С.24-28.
4. Human Centric Lighting. Going Beyond Energy Efficiency [Электронный ресурс] // lightingeurope.org Publications, Режим доступа: <https://clck.ru/CHMAN>, свободный (дата обращения: 07.11.2017).
5. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга. М.: Знак, 2006. – 972 с.
6. Chang C., Phiri M., Fotios S. Challenges of providing daylight in operating theatres located in the tropical regions: an evaluation study of daylight design of operating theatres of Sungai Buloh hospital, Selangor, Malaysia // *Ingenieria Pluminatului*. 2014. Vol.16. №1. P.7-20.
7. Блинов В.А., Смирнов Л.Н., Блинов В.В. Совершенствование естественного освещения в жилых и офисных зданиях // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2012. №2. С.23-26.
8. Завьялов В.А., Беккер Ю.Л., Ульянов Р.С., Шиколенко И.А. Достижение параметров квази-естественного освещения за счет применения автоматических систем освещения на базе СИД. // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 4. С. 88–93.
9. Брейнард Г.К. Провенсио И. Восприятие света как стимула незрительных реакций человека. // Светотехника. 2008. № 1. С. 6–12.
10. Аладов А.В. О биологическом эквиваленте излучения светодиодных и традиционных источников света с цветовой температурой 1800–10000К. / А.В. Аладов, А.Л. Закгейм, М.Н. Мизеров, и др. // Светотехника. 2012. № 3. С. 7–10.
11. ЗАО «Нанософт». nanoCAD Plus [Электронный ресурс] // официальный сайт ЗАО «Нанософт». Режим доступа: <http://old.nanocad.ru/products/detail.php?ID=606057>, (дата обращения: 07.12.2017).
12. Полещук Н. Н. Путь к nanoCAD. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 368 с.

13. «Я слежу за тобой» или как из САДа сделать SCADA (MultiCAD.NET API) [Электронный ресурс] // «Хабрахабр». Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/343772/#III>, (дата обращения: 09.12.2017).

14. Величкин В.А., Завьялов В.А., Ульянов Р.С., Шиколенко И.А. Концепция интеллектуального модульного ПАК для генерации программы управления регулируемыми системами освещения. // Естественные и технические науки. 2017. № 6. С. 141–143.

15. DIN SPEC 5031-100:2015-08. Optical radiation physics and illuminating engineering - Part 100: Non-visual effects of ocular light on human beings - Quantities, symbols and action spectra. – 2015. – 33 с.

КЛЮЧЕВЫЕ ПРИНЦИПЫ КОНЦЕПЦИИ АППАРАТНОЙ ЧАСТИ МОДУЛЬНОГО ПАК ДЛЯ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕГУЛИРУЕМЫМИ СИСТЕМАМИ ОСВЕЩЕНИЯ

*Шиколенко И.А., Ульянов Р.С., аспиранты 4-го курса ИИЭСМ
Научный руководитель – Величкин В.А., доц., к.т.н.*

Введение. Современный человек существенную часть суток приводит в условиях дефицита естественного света, как следствие, при организации общего рабочего искусственного или совмещенного освещения, излучение источников света (ИС) по своим характеристикам следует максимально подбирать приближенными к естественному освещению [1]. Излучение оптического диапазона, как видимого человеческому глазу, так и находящегося за пределами фиксации зрительной системы, оказывает существенное воздействие на жизнедеятельность человека. Известно, что даже частичная денатурация освещения может негативно сказаться, на зрительной работоспособности, а в более тяжелых случаях приводить к эффекту «светового голодания» [2, с. 323-351]. Таким образом, стремление приближения спектральной характеристики искусственных ИС, к адекватной имитации естественных эталонов, как с точки зрения качественного состава, так и с точки зрения реализации принципа динамичности, является актуальной задачей, особенно в условиях роста степени урбанизации населения [3]. Особенно актуально данная проблема может стоять при организации системы освещения в районах крайнего севера и некоторых районах, приравненных к районам крайнего севера, в которых ярко выражен эффект «биологической тьмы», который может негативно сказываться на функциональных резервах сердечно сосудистой системы человека [4]. Рассматривая более детально факторы воздействия искусственных источников света на организм человека, помимо традиционного обеспечения функционирования зрительной системы, можно также выделить факторы применения света для регулирования циркадных ритмов человека [5], некоторой корректировки работы сердечно сосудистой системы [6], а также светотерапии [7,8]. Учитывая широкую область задач, потенциально решаемых системой искусственного освещения, наиболее целесообразным в качестве ИС является применение светоизлучающих диодов (СИД). С одной стороны, светодиоды излучающие белый свет, по своей цветовой температуре приближенный к дневному, могут быть рекомендованы в качестве ИС системы искусственного освещения для помещений жилого и общественного назначения [9]. С другой стороны, применение монохроматических светодиодов открывает широкие возможности по генерации различных режимов освещения [10]. Таким образом, теоретически, можно добиться широко спектра воздействий на организм человека, однако на практике необходимо учитывать, одновременно множество различных факторов, в том числе возможности негативного воздействия излучения светодиодов в синем диапазоне излучения [11]. Учитывая сложность и, в некоторых случаях, возможную недостаточную дос-

товерность аналитического и имитационного моделирования параметров излучения системы искусственного освещения, в том числе, во взаимодействии с источниками естественного света, целесообразно проведение процедуры натурального измерения качественных и количественных параметров излучения. Это необходимо как в целях проведения предварительного или эксплуатационного обследования, так и в целях верификации проектных решений, в том числе в частично автоматизированном режиме.

Применение аппаратной часть ПАК для оценки параметров световой среды. Структурная схема и алгоритм работы программно-аппаратного комплекса в рамках обозначенной выше концепции изложены в предыдущей работе коллектива авторов статьи [12]. Прежде чем перейти к описанию концепции возможной реализации и функционального взаимодействия модулей аппаратной части ПАК, целесообразно определить основные измеряемые показатели световой среды. Укрупнено показатели количественных и качественных характеристик обследуемой с помощью ПАК системы освещения можно разделить на две группы:

1. Характеристики, зависящие от светового потока. В данную группу могут входить как измеряемые или опосредованно вычисляемые непосредственно самой аппаратной частью ПАК параметры, так и вычисляемые в дальнейшем программными модулями САПР установленными на персональном компьютере пользователя.

1.1. Непосредственно измеряемые (опосредованно вычисляемые):

1.1.1. Освещенность.

1.1.2. Коэффициент пульсации

1.2. Вычисляемые с помощью САПР и хранимые в рамках САПР:

1.2.1. Яркость (в дальнейшем, вероятно, и вычисление непосредственно с помощью аппаратной части ПАК)

1.2.2. Объединенный показатель дискомфорта UGR

1.2.3. Показатели из группы 1.1 в разрезе допустимых режимов работы лампы.

2. Характеристики, базирующиеся на спектральном распределении. В данную группу также могут входить как характеристики измеряемые или опосредованно вычисляемые непосредственно самой аппаратной частью ПАК, так и вычисляемые в дальнейшем программными модулями САПР установленными на персональном компьютере пользователя.

2.1. Непосредственно измеряемые (опосредованно вычисляемые):

2.1.1. Спектральное распределение плотности излучения

2.1.2. Коррелированная цветовая температура

2.1.3. Индекс цветопередачи

2.1.4. Биологическое воздействие (на данном этапе предполагается оценка меланинического светового воздействия и связанных с ним величин) [13, с. 5-17].

2.2. Показатели из группы 2.1 в разрезе допустимых режимов работы лампы.

3. Показатели энергопотребления – могут быть проанализированы только на уровне САПР.

Иллюстрация примера обследования помещения с помощью ПАК на рис. 1.

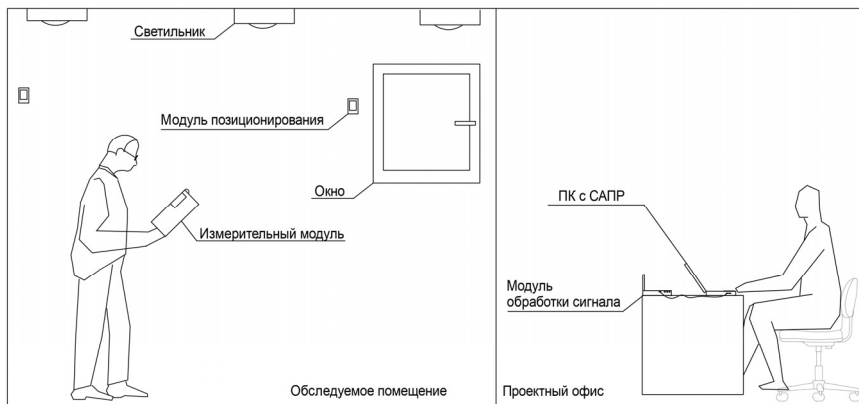


Рис. 1. Иллюстрация примера обследования помещения с помощью ПАК.

Рассмотрим предполагаемый на данном этапе алгоритм взаимодействия аппаратной части ПАК с модулем САПР, в контексте проведения соответствующих измерений. Аппаратная часть ПАК представляет собой модульную систему, состоящую из нескольких отдельных типов автономных устройств, ключевым из которых является непосредственно модуль для проведения измерений, который представляет собой интеллектуальный измерительный прибор, оснащенный необходимыми средствами измерений и интерфейсами связи и работающий под управлением одноплатного микрокомпьютера. Измерительная система данного модуля обеспечивает получение физических величин базовых для расчета параметров освещенности в соответствии с п.п. 1.1 и 2.1, на основании базовых величин (освещенность, спектральная характеристика измеряемого излучения), программными компонентами микрокомпьютера производится опосредованные вычисления остальных заявленных характеристик для данной точки измерения для текущего источника света. На начальном этапе предполагается применение данного модуля исключительно для взаимодействия непосредственно с оператором. В дальнейшем планируется рассмотрение целесообразности размещения данного модуля на стационарной [14] или роботизированной платформе [15].

Другими модульными элементами аппаратной части ПАК являются модули определения положения и модуль обработки сигнала для взаимодействия с программной частью САПР. Благодаря двум описанным выше модулям, в рамках проведения измерения становится доступной возмож-

ность оценки конкретного источника света в соответствии с планом размещения оборудования, полученным из проектной (исполнительной) документации.

Применение ПАК для верификации и программирования режимов работы управляемых ИС. В случае наличия соответствия каналов связи и программных интерфейсов между аппаратной частью ПАК и исследуемыми источниками света, в рамках применения прибора открывается дополнительная функциональность, связанная с верификацией результатов моделирования (расчета) параметров освещения в различных режимах работы осветительной сети, в том числе в режиме работы единственного ИС. Концептуальное описание данного функционала выглядит следующим образом: в память прибора из САПР поступают сведения о режимах работы прибора (установках мощности излучения для разных каналов ИС), а также контрольные показатели, подлежащие верификации. Далее, с помощью системы позиционирования, прибор в автоматизированном режиме определяет необходимый осветительный прибор и подключаясь к нему передает необходимые команды, после чего производит измерения, результаты которых поступают обратно в САПР, где учитываются в рамках проекта, после чего заносятся в результирующий фрагмент исходного кода программы управления ИС.

Заключение. В рамках данной статьи был проведен анализ возможности воздействия искусственного освещения на человека. В рамках возможностей, наиболее раскрывающихся при применении ИС на базе СИД с советующими возможностями по управлению параметрами излучения, была установлена сложность проведения аналитического и имитационного моделирования. Для упрощения обозначенных процедур была предложена концепция ПАК, аппаратная часть которого выполняет частично автоматизированный процесс верификации проектных решений или текущих параметров системы искусственного освещения в процессе эксплуатации. При этом, наиболее полно функциональность аппаратной части ПАК раскрывается при наличии взаимодействия с программной частью САПР с одной стороны и при соответствии интерфейсов взаимодействия между ИС и аппаратной частью ПАК. Поскольку при соблюдении указанных выше условий становится дополнительно доступной возможность локального программирования ИС для верификации проектных решений в части всех установленных в рамках проекта режимов работы. Исходя из сказанного выше, можно сделать заключение об актуальности работ по данному направлению.

Данное научное исследование проводится при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программе «УМНИК» по теме «Разработка интеллектуального модульного программно-аппаратного комплекса для генерирования программы управления регулируемыи системами освещения» в рамках договора № 11523ГУ/2017 от 19.05.2017 г.

Библиографический список

1. Андропова Т.В., Волкотруб Л.П. Гигиеническая оценка современных источников света // Бюллетень сибирской медицины. 2010. №5. С.155-159.
2. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга. – М.: Знак, 2006. – 972 с.
3. Ишин А.В. Проблемы урбанизации, как предпосылка освоения подземного пространства городов // ГИАБ. 2009. №12. С.113-118.
4. Копосова Т.С., Чикова С.Н., Чиков А.Е. Адаптивные возможности организма студентов в период «Биологической тьмы» // Экология человека. 2007. №1. С.50-54.
5. Иоффе К.И. Биологическое влияние видимого света на организм человека // Світлотехніка та електроенергетика. 2008. № 3. С. 21–29.
6. Королёва М. А., Воронин И. М., Шутова С. В. Вариабельность сердечного ритма при воздействии интенсивного света в зависимости от индивидуальных особенностей организма человека // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2008. №2-3. С.184-187.
7. Лифшиц В.Б., Рукин Е.М., Симонова Е.А., Творогова А.В., Шутова С.В. Обсуждение механизмов спектральной фототерапии как метода немедикаментозной оптимизации организма человека (краткий обзор литературы) // ВНМТ. 2013. №1. С.55-57.
8. Крючкова А.В. Возможность применения нелазерных источников света в комплексном лечении больных бронхиальной астмой // ВНМТ. 2010. №2. С.206-210.
9. Корсакова Е.А., Слезин В.Б., Шульц Е.В., Аладов А.А., Закгейм А.Л., Мизеров М.Н. Воздействие белого света с варьируемой цветовой температурой на электроэнцефалограмму человека // ВНМТ. 2012. №4. С.30-33.
10. Даулинг К. Дэвис У., Зонг Ю., и др. Осветительная установка НИСТ с регулируемым спектром для исследований в области цветопередачи и освещения. // Светотехника. 2009. № 5. С. 37–40.
11. Капцов В.А., Дейнего В.Н. Синий свет светодиодов – новая гигиеническая проблема // Анализ риска здоровью. 2016. №1 (13). С.15-25.
12. Величкин В.А., Завьялов В.А., Ульянов Р.С., Шиколенко И.А. Концепция интеллектуального модульного ПАК для генерации программы управления регулируемыеми системами освещения // Естественные и технические науки. 2017. № 6. С. 141-143.
13. DIN SPEC 5031-100:2015-08. Optical radiation physics and illuminating engineering - Part 100: Non-visual effects of ocular light on human beings - Quantities, symbols and action spectra. – 2015. – 33 с.
14. Завьялов В.А. Ульянов Р.С., Чернов Р.М., Шиколенко И.А. Перспективы применения автоматизированного комплекса управления и диаг-

ностики систем управляемого освещения // Научное обозрение. 2016. № 1. С. 37–41.

15. Ульянов Р.С., Шиколенко И.А., Величкин В.А., Завьялов В.А. Перспективы применения в САПР новых методов проектирования, в части обследования, расстановки и выбора режимов работы осветительных приборов системы искусственного освещения // Кибернетика и программирование. 2017. № 1. С. 94–106.

СЕКЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ
И ВОДООТВЕДЕНИЯ

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕАКТОРОВ SBR

*Булычев И.О., аспирант 2-го курса ИИЭСМ
Научный руководитель – Залетова Н.А., проф., д.т.н.*

В связи с высокой экономической эффективностью и широкими возможностями применения, биологическая очистка сточных вод получила большое распространение. Разработка различных методов биологической очистки и изучение процессов, протекающих при применении этих методов, длится на протяжении последних 100 лет. На данный момент разработано множество методов очистки сточных вод, для реализации которых применяют несколько вариантов реакторов: поля фильтрации, поля орошения, биологические пруды, аэротенки, циркуляционные окислительные каналы, биофильтры, циклические реакторы (SBR).

Реакторы SBR имеют большое количество преимуществ: контроль условий, контроль развития АИ, отличное качество очистки, возможность работы с изменяющимися количественно и качественно стоками, компактность, энергоэффективность.

Конструктивно реактор SBR представляет собой емкость, оборудованную необходимыми коммуникациями, работа которых автоматизирована. Принцип работы технологий с применением циклических реакторов заключается в попеременном использовании нескольких таких емкостей. В каждой из них циклически реализуются процессы биологической очистки. В цикл входят поочередное заполнение реактора, обработка сточной воды, отстаивание и опорожнение реактора. В 70-х гг. XX века начался новый этап развития циклических реакторов. На сегодняшний момент разработано множество вариантов модернизации технологии SBR.

Система с промежуточной аэрацией. Общий сток равномерно распределяется по всем реакторам. Зона предварительной обработки работает как селектор. В этой зоне высокие концентрации питательных веществ ингибируют развитие нитчатых. В результате улучшаются седиментационные свойства активного ила. Такая система позволяет упростить управление комплексом реакторов.

Технология UNITANK. Для реализации технологии UNITANK реактор разбивают на три последовательные секции, одна из которых предназначена только для аэрации, а в остальных поочередно осуществляется аэрация и отстаивание. Для удаления биогенных элементов в конструкцию дополнительно включают анаэробные и аноксидные секции и предусматривают внутреннюю рециркуляцию иловой смеси.

Система CASS представляет собой уникальную комбинацию циклического реактора и системы рециркуляции активного ила. Такие системы не чувствительны к значительным изменениям количественного и качественного состава поступающих сточных вод. К тому же, процессы нитрификации, денитрификации и биологического удаления фосфора могут протекать эффективнее, чем в стандартном реакторе SBR [12].

Циклическая смена аэробных, аноксидных и анаэробных условий обеспечивает возможность протекания процессов нитрификации, денитрификации и биологического удаления фосфора. Циклический режим и контроль параметров позволяют создать необходимые условия для селекции биомассы. На данный момент, селекция и использование определенных видов биомассы является одной из перспективных областей исследований.

При подавлении нитритокисляющих бактерий реализуется процесс частичной нитрификации-денитрификации, предусматривающий окисление аммония только до нитритов и последующем восстановлении азота из нитритов [3]. По сравнению с обычной нитрификацией до нитратов и их денитрификацией, удаление азота через нитрит не только уменьшает потребление кислорода на стадии нитрификации на 25%, но и увеличивает потребность в углероде на 40% на стадии денитрификации [4].

Процесс анаэробного окисления аммония. В данном случае часть аммонийного азота окисляется до нитритов. Далее, нитриты используются анаммокс бактериями в процессе окисления аммиака до нитратов и образования газообразного азота [5]. Для процесса анаммокс необходимо высокое содержание нитритов, что обеспечивается частичной нитрификацией при аэрации на первом этапе обработки воды в реакторе SBR. Далее необходимо исключить аэрацию из процесса, для того, чтобы процесс окисления обеспечивался кислородом нитритов. В реальности, получение бактерий анаммокс очень затруднительно. Необходимо создание определенных технологических параметров. Принцип действия реактора SBR, основанный на последовательной смене условий как нельзя лучше подходит для создания условий работы анаммокс бактерий. Применение анаммокс процесса позволяет значительно сократить затраты на аэрацию.

Удаление фосфора. В настоящее время, удаление фосфора является неотъемлемой частью биологической очистки. В процессе удаления фосфора участвуют так называемые полифосфат-аккумулирующие организмы (ПАО). Процесс протекает за счет смены аэробных и анаэробных условий. В аэробных или аноксидных условиях бактерии накапливают фосфор в виде внутриклеточных полифосфатов. В анаэробных условиях идет процесс потребления углерода. Энергия для этого получается путем гидролиза накопленных полифосфатов, в следствии чего в воду выделяются ортофосфаты. Количество выделяемого клетками фосфора ниже, чем потребляемого. Таким образом, управляя технологическими параметрами SBR можно добиться высокой эффективности (до 90% [7]) удаления фосфора.

Считается, что нитрификация, денитрификации и дефосфатация могут протекать в SBR одновременно. Однако наличие азота нитритов значительно ингибирует работу фосфат-аккумулирующих организмов [8]. Существует группа бактерий, которая называется денитрифицирующие полифосфат-аккумулирующие бактерии. Бактерии этой группы поглощают фосфор, используя в качестве акцепторов электронов нитрат [9]. Кроме того, обнаружена группа фосфат аккумулялирующих организмов, использующих не нитраты, а нитриты [10]. Таким образом, в аноксидной зоне процес-

са вполне успешно может проходить удаление и азота и фосфора. Высокой эффективности в итоге можно добиться, сочетая бактерии нитрификаторы и денитрифицирующие полифосфат аккумулирующие бактерии [11].

В последнее время большое внимание уделяется иммобилизованным формам активного ила в реакторах SBR. Так, например, для осуществления процесса ANAMMOX в основном применяют биопленки и гранулированные илы. В таком случае бактерии-нитрификаторы локализуются во внешних слоях пленки (гранулы), потребляют кислород и продуцируют нитрит для анаммокс-бактерий, локализованных во внутренних слоях [13].

Одним из вариантов такой технологии является сочетание взвешенного активного ила и биопленки, прикрепленной к плавающему носителю [14]. Иммобилизация микроорганизмов на носителе снижает вымывание биомассы из реактора, увеличивает дозу активного ила и окислительную мощность реактора, снижает чувствительность к залповым сбросам, изменениям pH, температуры, появлению токсических загрязнений. Носитель выбирается в зависимости от вида удаляемых загрязнений.

Теми же качествами обладает гранулированный активный ил. Он не нуждается в носителе. Гранулированный ил получают путем селекции, которая заключается в сокращении времени отстаивания. Также создаются специальные условия. Например, периодическое голодание для увеличения гидрофобности бактерий, увеличение pH и определенные гидродинамические условия. Гранулированные илы могут успешно применять для очистки сточных вод с различными соотношениями БПК:N:C, и производственных сточных вод с содержанием специфических примесей.

Регулирование этапов и создание различных условий в реакторе SBR распределено во времени, а не в пространстве, как у реакторов, работающих в проточном режиме. Это является причиной, по которой циклические реакторы являются более гибкими в плане работы с различными загрязнениями, и допускают более тонкую подстройку под изменяющиеся условия. Применение реакторов SBR позволяет добиться необходимых технологических параметров, получить биомассу с определенными свойствами и добиться наилучших результатов очистки стоков.

Библиографический список

1. Sequencing Batch Reactor for Wastewater Treatment: Recent Advances. Aparna DuttaSudipta Sarkar
2. Irvine RL, Davis WB. Use of sequencing batch reactor for wastewater treatment. CPC international, corpus Christi, TX. Presented at the 26th annual industrial waste conference. West Lafayette, IN: Purdue University; 1971.
3. Fatone F. et al. Biological short-cut nitrogen removal from anaerobic digestate in a demonstration sequencing batch reactor //Chem Eng Trans. 2011. V. 24. С. 1135-1140.
4. Cervantes F. J. (ed.). Environmental technologies to treat nitrogen pollution. – IWA Publishing, 2009.

5. Mulder A. et al. Anaerobic ammonium oxidation discovered in a denitrifying fluidized bed reactor // *FEMS microbiology ecology*. 1995. V. 16. № 3. С. 177-183.
6. Wyffels S. et al. Nitrogen removal from sludge reject water by a two-stage oxygen-limited autotrophic nitrification denitrification process // *Water Science and Technology*. 2004. V. 49. № 5-6. С. 57-64.
7. Bitton G. *Wastewater microbiology*. – John Wiley & Sons, 2005.
8. Saito T., Brdjanovic D., Van Loosdrecht M.C.M. Effect of nitrite on phosphate uptake by phosphate accumulating organisms // *Water Research*. 2004. V. 38. № 17. С. 3760-3768.
9. Saito T., Brdjanovic D., Van Loosdrecht M.C.M. Effect of nitrite on phosphate uptake by phosphate accumulating organisms // *Water Research*. 2004. V. 38. № 17. С. 3760-3768.
10. Jiang Y. et al. Dynamic response of denitrifying poly-P accumulating organisms batch culture to increased nitrite concentration as electron acceptor // *Journal of Environmental Science and Health Part A*. 2006. V. 41. № 11. С. 2557-2570.
11. Rim Y. T. et al. A full-scale test of a biological nutrients removal system using the sequencing batch reactor activated sludge process // *Water Science and Technology*. 1997. V. 35. № 1. С. 241-247.
12. Demoulin G. et al. Co-current nitrification/denitrification and biological P-removal in cyclic activated sludge plants by redox controlled cycle operation // *Water Science and Technology*. 1997. V. 35. № 1. С. 215-224.
13. Николаев Ю. А. и др. Создание первой в России технологии типа Анаммокс // *Водоснабжение и санитарная техника*. 2017. № 8. С. 28-33.
14. Smith R. G., Wilderer P. A. Treatability of hazardous landfill leachate using sequencing batch reactors with silicone membrane oxygenation. 41st Purdue Indust // *Chelsea, Michigan: Waste Conf., Purdue University, Lewis Publ.* – 1987. – 272 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОФИЛЬТРАЦИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ

*Головесов В.А., аспирант 1-го курса ИИЭСМ
Научный руководитель – Первов А.Г., профессор, д.т.н.*

В современном мире неоспоримую ценность для населения представляет качественная вода. Стремительно развивающиеся мембранные технологии, которые только зарекомендовывают себя, как надежная технология, еще не вызывают полного доверия, а их применение требует обоснования. С другой стороны традиционные технологии, которые имеют ряд общеизвестных недостатков, заставляют задумываться о переменах в подготовке питьевой воды.

Стремительное развитие больших городов России влечет за собой расширение всех инженерных систем. Для расширения существующих систем водоснабжения необходима существенная реконструкция, включающая в себя увеличение диаметров трубопроводов, увеличение мощности насосных станций и, как следствие, увеличение мощности станций водоподготовки.

Для снабжения водой строящихся районов чаще всего используется артезианская вода, не всегда удовлетворяющая требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01. Чаще всего артезианская вода не соответствует нормативным требованиям по содержанию железа, сухому остатку, общей жесткости, сульфатам и др. Для приведения показателей качества воды в соответствие с нормативами традиционно используется схема водоподготовки, включающая следующие стадии: удаление железа, деминерализация и корректировка минерального состава воды [1]. Использование традиционных методов подготовки воды не только морально устарело, но еще и связано с использованием большого количества реагентов, которые впоследствии сбрасываются в канализацию без соответствующей очистки.

Проблема подготовки питьевой воды все чаще решается с помощью мембранных технологий. В данной работе автором проведен сравнительный анализ технологий подготовки питьевой воды.

Подземные воды, используемые в качестве источников водоснабжения, отличаются от поверхностных значительно большим разнообразием качественного состава [2]. Как уже было сказано выше, подготовка питьевой воды из скважины проходит в несколько стадий: удаление железа, марганца и солей жесткости.

Для удаления из воды железа и марганца Г.И. Николадзе была предложена классификация технологий, которые делятся на реагентные и безреагентные. Для умягчения воды наиболее широко в настоящее время применяют методы ионообменного умягчения [2].

Г.И. Николадзе предложил разбить обработку воды на три группы: А, Б, В. Группа А включает в себя упрощенную аэрацию и фильтрование че-

рез зернистую загрузку. Группа Б предполагает обработку сильным окислителем и фильтрацию через зернистую загрузку или аэрацию и фильтрование через модифицированную загрузку. Под сильным окислителем предполагается либо дозирование перманганата калия или гипохлорита натрия, реже озон. Группа В включает в себя несколько стадий обработки воды: осветление, фильтрование, озонирование и сорбция. Отсюда можно сделать вывод о том, что для удаления железа и марганца из воды нам требуется от 2-х до 4-х ступеней очистки. В последнем случае требуется дозирование озона, который, как известно, относится 1 классу опасности согласно ГОСТ 12.1.007-76. Предельно допустимая концентрация (ПДК) озона в воздухе рабочей зоны – $0,1 \text{ мг/м}^3$.

Как было сказано выше, удаление из воды солей жесткости чаще всего производится путем ионообменного умягчения. Основной недостаток традиционного умягчения воды – использование реагентов для восстановления обменной емкости ионита. После регенерации, как правило, регенерационный раствор сбрасывается в канализацию.

Подводя итог по применению традиционных схем подготовки питьевой воды из артезианских источников можно сделать следующие выводы:

- очистка воды от железа и марганца требует от 2-х до 4-х ступеней, что в свою очередь ведет к увеличению площади станций водоподготовки;
- использование реагентов для регенерации ионообменных фильтров;
- постоянное наличие обслуживающего персонала, контроль дозирования окислителей.

Наиболее эффективной современной технологией очистки подземных вод является нанофильтрация, позволяющая напрямую, без применения реагентов и других дополнительных систем добиться высокого качества воды. При этом габариты, стоимость оборудования и эксплуатационные расходы новой технологии значительно меньше. При обработке подземных вод с невысокой минерализацией нанофильтрационные мембраны эффективно задерживают одновременно ионы жесткости и железа, а также ряд загрязнений в ионной форме: фториды, аммоний, стронций, нитраты и др. [3].

В отличие от технологии обратного осмоса, при использовании которого задерживается 90-99% растворенных веществ, технология нанофильтрации частично задерживает ионы кальция, магния, натрия и другие двухвалентные ионы, что позволяет использовать данную воду без искусственного добавления необходимых для жизнедеятельности людей веществ.

Нужно сказать, что установки нанофильтрации требуют меньшего использования реагентов по сравнению с использованием ионного обмена, но при этом в стоки попадают новые вещества – антискаланты – ингибиторы процессов кристаллизации малорастворимых соединений, а также традиционные кислоты и щелочи, применяемые при периодических реагентных промывках мембранных элементов.

Так же следует отметить, что при концентрировании исходной воды на мембранных установках нередко приводит к тому, что солесодержание

концентрации на выходе зашкаливает за 1 г/дм^3 , что делает невозможным сброс такого стока без дополнительной обработки или разбавления [4].

Выводы: Текущее состояние вопроса подготовки питьевой воды из подземных источников выглядит достаточно неоднозначно. Традиционные технологии подготовки питьевой воды, использующие фильтры обезжелезивания и умягчения, имеют ряд недостатков, что в свою очередь не влияет на качество подготовленной питьевой воды. Использование новых мембранных технологий, в частности нанофильтрации, на фоне традиционных схем выглядит достаточно перспективно, но также не лишено недостатков. Однако стремительное развитие мембранных технологий, позволяет сделать выбор в сторону новых мембранных технологий, которые с каждым днем себя зарекомендовывают себя все с лучшей стороны.

Библиографический список

1. Быкова П.Г., Стрелков А.К., Занина Ж.В., Васильев В.В., Цабилев О.В. Подготовка артезианской воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 9, ч. 2. С. 34-39.
2. Первов А.Г. Технологии очистки природных вод: учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2016. С. 225-228.
3. Первов А.Г., Андрианов А.П., Юрчевский Е.Б., Спицов Д.В., Ефремов Р.В., Рудакова Л.В. Водоочистные установки в контейнерном исполнении для водоснабжения вахтовых поселков // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. №7. С. 40-46.
4. Громов С.Л. Обратный осмос: как минимизировать нагрузку на окружающую среду? // Сборник докладов VII Научно-Практической конференции «Современные технологии водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования». 2017. С. 57-60.

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ КАЛИБРОВКИ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА САЛАВАТ

*Громов Г.Н., аспирант 4-го года обучения ИИЭСМ
Научный руководитель – Примин О.Г. профессор, д.т.н.*

Введение

Одной из проблем оптимизации гидравлических характеристик систем подачи и распределения воды при их развитии и реконструкции является создание адекватной электронной модели.

Электронная модель системы водоснабжения или водоотведения – это геоинформационная система (ГИС), которая отражает в электронном виде актуальную информацию о структуре и технико-экономическом состоянии систем, а также обеспечивает проведение гидравлических расчетов.

В соответствии с «Правилами разработки и утверждения схем водоснабжения и водоотведения» [1] электронная модель систем водоснабжения и водоотведения разрабатывается для поселений, городских округов с населением 150 тыс. человек и более.

Также стоит отметить, что правильно разработанная и откалиброванная модель системы водоснабжения позволяет точно оценить текущее состояние её состояние.

В рамках разработки схемы водоснабжения г. Салават была разработана электронная модель системы водоснабжения. Анализ электронной модели выявил значительные расхождения между моделью и фактической работой сети. В частности, были выявлены следующие основные проблемы: неправильное отображение трассировки сети и детализировки основных сооружений; неправильное занесение данных по геодезическим отметкам; отсутствие проведения этапа калибровки электронной модели.

На основании проведенного анализа электронной модели системы водоснабжения г. Салават были сформированы следующие основные цели исследования:

1. Дополнить существующую трассировку электронной модели системы водоснабжения и увязать с общей расчётной схемой водоснабжения города.
2. Обновить базы данных электронной модели.
3. Разработать алгоритм и провести калибровку электронной модели на основании фактических замеров свободного напора.

Анализ и корректировка электронной модели существующего положения сети водоснабжения г. Салават

Источником водоснабжения города Салават является скважинный водозабор. С помощью насосного оборудования вода из скважин поступает по трем водоводам длиной 3,4 км в резервуар насосной станции второго подъема и далее в городскую сеть города.

Электронная модель системы водоснабжения г. Салават реализована в программном комплексе «Zulu». Анализ электронной модели существующего положения сети водоснабжения г. Салават, производился в несколько этапов.

В первую очередь было проанализирована правильность расположения сети относительно существующей трассировки сети. Анализ производился путем сравнения трассировки сети электронной модели с трассировкой, нанесенной МУП «Салаватводоканал» в программном комплексе ГИС «ИНГео».

После корректировки исходной трассировки сети было определено значительное различие координат между существующей трассировкой сети и электронной моделью системы водоснабжения.

Результаты корректировки электронной модели, на примере одного из районов города представлены на рис. 1 (красным цветом показана существующая трассировка сети; синим цветом – трассировка сети в электронной модели).

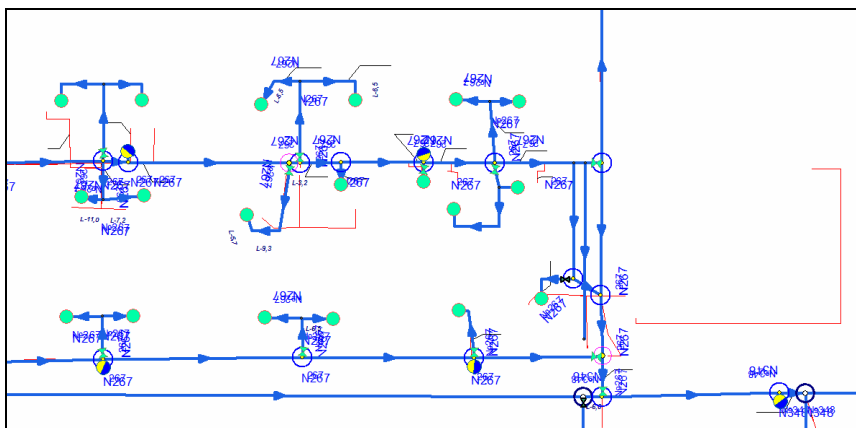


Рис. 1. Результаты корректировки электронной модели по локальным координатам.

На следующем этапе анализа электронной модели системы водоснабжения г. Салават, было замечено различие высотных отметках земли, занесенной в базы данных по колодцам системы водоснабжения. Для решения данной проблемы была создана модель рельефа, которая основывалась на данных исходной трассировки сети (базы данных по колодцам сети). Модель рельефа была создана с помощью стандартных функций программного обеспечения «Zulu».

Калибровка электронной модели системы водоснабжения г. Салават

Для калибровки электронной модели существующего состояния сети водоснабжения г. Салават гидравлический расчет производился на типич-

ный день водопотребления. Для этого, исходя из имеющихся эксплуатационных данных, был проанализирован суточный график водопотребления и найден максимальный час.

На основании принятого расчётного часа была разработана балансовая схема, которая предполагала разделение системы водоснабжения города Салават на различные группы потребителей в соответствии с расходом.

Корректировка расхода потребителей в электронной модели осуществлялась путем увеличения расходов групп потребителей. Также для калибровки электронной модели были проведены замеры свободного напора, произведенные на сети водоснабжения г. Салават на принятый расчетный час (36 точек измерения). Замеры были проведены с использованием манометров марки ДМ02-100-2-М. Полученные результаты натуральных измерений были привязаны к соответствующим колодцам в электронной модели водоснабжения.

Также при реализации калибровки электронной модели учитывалась реальная ситуация в системе водоснабжения города: Информация о процессе дросселирования, информация об отключении водоводов, данные работы регуляторов давления.

Целью калибровки электронной модели сети водоснабжения города Салават являлось соблюдение в узловых точках расчетной модели реальных свободных напоров, в соответствии с принятым расчетом, а также соблюдение расходов источников водоснабжения, в соответствии с принятым расчетным часом.

С математической точки зрения, процесс калибровки гидравлической модели заключается в минимизации целевой функции E [2]:

$$E = \sum_{i=1}^n w_p (h_i^p - h_i)^2 + \sum_{i=1}^n w_q (q_i^p - q_i)^2 \quad (1)$$

где P и Q – измеряемые значения давления и расхода; h_i^m – измеряемый напор в узле i ; h_i – расчетный напор в узле i ; q_i^m – измеряемый расход в i трубе; q_i – расчетный расход в i трубе, w – весовой фактор для давления/расхода.

При калибровке электронной модели, весовые факторы w были приняты равные 1. Корректировка расчетного свободного напора в узловых точках сети производилась путем изменения эквивалентная шероховатость трубопроводов.

Под эквивалентной разнотерной шероховатостью понимают такую высоту выступа шероховатости, которая создает сопротивление, равное действительному сопротивлению испытываемого трубопровода [3].

Для учета материалов и возраста трубопроводов использовались исходные данные, которые были получены путем переноса данных в электронную модель из стороннего продукта ГИС «ИнГео». Для оценки значения шероховатости конкретного трубопровода использовалось следующие уравнение, согласно статье [4]:

$$\varepsilon_i = \varepsilon_{\max} - (\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min})[(age_{\max} - age_i)/(age_{\max} - age_{\min})], \quad (2)$$

где: ε_i – шероховатость i трубы, мм; ε_{\max} и ε_{\min} – максимальный и минимальные значения шероховатости, которые соответствует age_{\max} и age_{\min} – максимальному и минимальному возрасту трубопроводов.

Стоит отметить, что в процессе калибровки электронной модели, шероховатость пластиковых трубопроводов была принята независимой от возраста трубопровода – 0,03 мм. Также в качестве ограничения калибровка модели проводилась только по участкам с диаметром более 100 мм, в связи с тем, что при больших значениях шероховатостей, принятых на малых диаметрах возникла программная ошибка при проведении гидравлических расчётов.

Минимальные значения шероховатости стальных и чугунных трубопроводов, соответствующие минимальному возрасту, были приняты согласно гидравлическому справочнику [4]:

- стальные водопроводные, находящиеся в эксплуатации: 1,20-1,50;
- чугунные трубопроводы, бывшие в эксплуатации: 1,0-1,5.

Для калибровки электронной модели варьирование осуществлялось максимальными значениями шероховатостей стальных и чугунных трубопроводов, которые соответствуют максимальному возрасту трубопроводов.

Значения функции E при принятых различных значениях максимальных шероховатостей чугунных и стальных трубопроводов представлены на рис. 2. Данные значения были получены итерационным путем. Для этого был разработан программный алгоритм на основе языка VBA с использованием библиотеки ActiveX компонентов «ZuluNetTools». Исходными данными для расчёта являлись принятые минимальные и максимальные значения шероховатостей стальных и чугунных трубопроводов, год прокладки трубопроводов. Далее алгоритм производил расчёт шероховатостей для каждой трубы в соответствии с уравнением (2). На следующем этапе производился гидравлический расчёт системы при заданных значениях шероховатостей, а также расчёт функции E по формуле (1). Всего для построения поверхности, представленной на рис. 1, алгоритмом было проведено 256 гидравлических расчётов электронной модели.

Минимальное значение функции E составило 222,51 при максимальном значении шероховатости стальных трубопровода – 39 мм; чугунных трубопроводов – 50 мм.

Распределение значений шероховатости по участкам трубопроводов представлено в таблице 1. Также стоит отметить, что в процессе калибровки модели не использовалась корректировка «зарастания трубопровода», которое является следствием протекания физических, химических и биологических процессов и в свою очередь оказывает значительное влияние на сопротивление трубопровода.

Среднее абсолютное расхождение по свободным напорам между электронной моделью и фактической работой сети составило 4,03%.

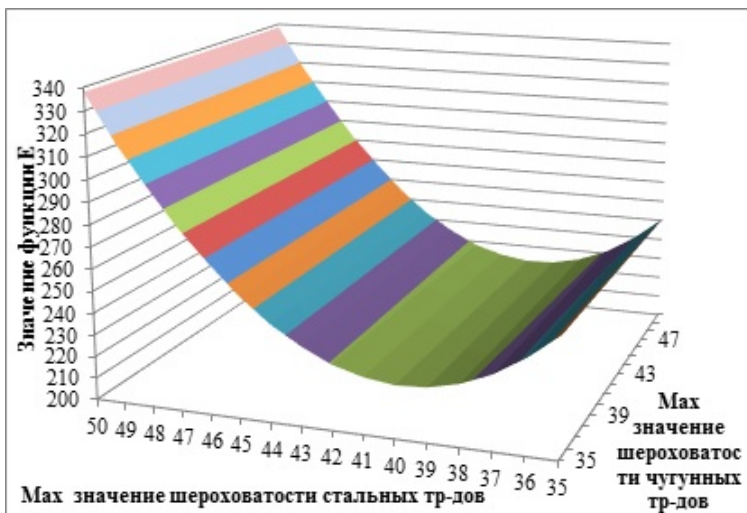


Рис. 2. Значения функции E при различных максимальных значениях шероховатостей.

Таблица 1

Распределения значения шероховатости в электронной модели

Значение шероховатости, мм	Кол-во уч. в модели, ед.	
	сталь	чугун
0-10	4132	1149
10-20	768	1413
20-30	753	76
30-40	921	127
40-50	0	222
более 50	0	4

Различие значений свободного напора между электронной моделью и фактической работой сети составило от 0,06 м до 4,5 в 32 точках замера. Различия свободного напора от 4,5 м до 7,72 м наблюдались в 4 точках сети, которые в дальнейшем необходимо исследовать с целью выявления дополнительных сопротивлений.

Среднее абсолютное расхождение по свободным напорам между расчётными и фактическими замерами составило 4,03%. Среднее абсолютное расхождение по расходам источников между электронной моделью и фактической работой сети составило 0,31%.

В целом стоит отметить, что на расхождение между электронной моделью и фактическими данными работы сети могут оказывать влияние следующие факторы:

1. Неправильно занесенная топология сети;

2. Ошибки при занесении информации по объектам системы (например: отметки земли, длины и диаметр трубопроводов, характеристики работы регулирующей арматуры, др.);
3. Изменением гидравлических характеристик элементов сети с течением времени (рост сопротивления трубопроводов, изменение Q-H характеристики работы насосов);
4. Неверное распределение расходов воды в системе по отношению к реальному потреблению воды;
5. Скрытые утечки в сети.

Выводы

Электронная модель системы водоснабжения г. Салават реализована в программном комплексе «Zulu». Анализ электронной модели водоснабжения города Салават выявил значительные расхождения между моделью и фактической работой сети. Вследствие чего целью работы явилась корректировка и калибровка электронной модели.

На первом этапе была произведена корректировка трассировки сети и обновление базы данных, используя стандартные функции ПО «Zulu» и других программных продуктов.

Калибровка электронной модели основывалась на результатах натуральных измерений и разработанной электронной модели. При калибровке электронной модели использовались данные материала и года прокладки трубопроводов. В процессе калибровки электронной модели варьирование осуществлялось максимальными значениями шероховатостей стальных и чугунных трубопроводов, которые соответствуют максимальному возрасту трубопроводов. С целью автоматизации данного процесса был разработан алгоритм на основе языка VBA с использованием библиотеки ActiveX компонентов «ZuluNetTools»

Среднее абсолютное расхождение по свободным напорам между расчётными и фактическими замерами составило 4,03%. Среднее абсолютное расхождение по расходам источников составило 0,99%.

Библиографический список

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 5 сентября 2013 года №782 «О схемах водоснабжения и водоотведения».
2. Puust R., Kapelan Z., Savic D.A., Koppel T. A review of methods for leakage management in pipe // *Urban Water Journal*. Feb. 2010, pp. 25-45.
3. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. – Москва: Недра, 1982. – 11 с.
4. Koppel T., Vassiljev A. Calibration of a model of an operational water distribution system containing pipes of different age // *Advances in Engineering Software*. 2009. No. 40, pp. 659-664.
5. Чугаев Р.Р. Гидравлика. – Л.: «Энергия». Ленинградское отделение, 1975.

МЕТОДЫ ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД. БИОСОРБЕР

*Дмитриев А.А., Кочетов В.В., студенты 4-го курса 1 группы ИИЭСМ
Научный руководитель – Залетова Н.А., проф., д.т.н.*

Введение.

В последние несколько десятков лет в нашей стране сложилась тенденция к экологической защите окружающей среды в целом и водных ресурсов в частности. Для сохранения водных ресурсов были разработаны нормативные документы, направленные на повышение степени очистки сточных вод.

В XX веке использовалось нормирование загрязнений, выпускаемых в водоем, но со временем стало понятно, что некоторых показателей не хватает в списке, поэтому нормативные документы изменялись и дополнялись. В настоящее время мы имеем достаточно требовательные нормативы, одним из которых является № 20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения», состоящий более чем из 100 нормированных загрязнений. Для достижения необходимых показателей воды стали применяться запатентованные ранее сооружения. Одним из таких сооружений является биосорбер, разработанный В.Н. Швецовым и К.М. Морозовой в НИИ ВОДГЕО.

Данная разработка позволяет нам избавиться от СПАВ, красителей, нефтепродуктов и других трудно окисляемых органических загрязнений, фенола, дихлорфенола, симазина, бифенола, нафталена, линдана, карбофоса, а также от соединений азота до ПДК. Для городских сточных вод данное инженерное решение позволяет нам получить БПК_{полн} (Биологическая Потребность в Кислороде, определяемая в течение 20 суток) достигающая до 3 мг/л, что соответствует нормативам качества сброса в водоем очищенной сточной воды. Так же, при изменении концентрации БПК_{полн} изменится содержание в воде взвешенных веществ до 4 мг/л. Немаловажный показатель, содержащийся в сточной воде, это количество азотосодержащих соединений, удаление которых происходит в сооружениях биологической очистки, а именно в аэротенках и биофильтрах. Но удалить их полностью в этих сооружениях невозможно, согласно исследованиям НИИ ВОДГЕО при увеличении времени нитрификации и денитрификации не происходит уменьшение азотосодержащих соединений (исследования производились при работе аэротенка с одной и той же сточной водой на протяжении 48,36 и 12 ч), в то время как в биосорбере сточная вода очищалась от азотосодержащих соединений за те же промежуток времени.

Основная часть.

Биосорбер может иметь вид прямоугольный или круглый в плане. Выглядит он следующим образом:

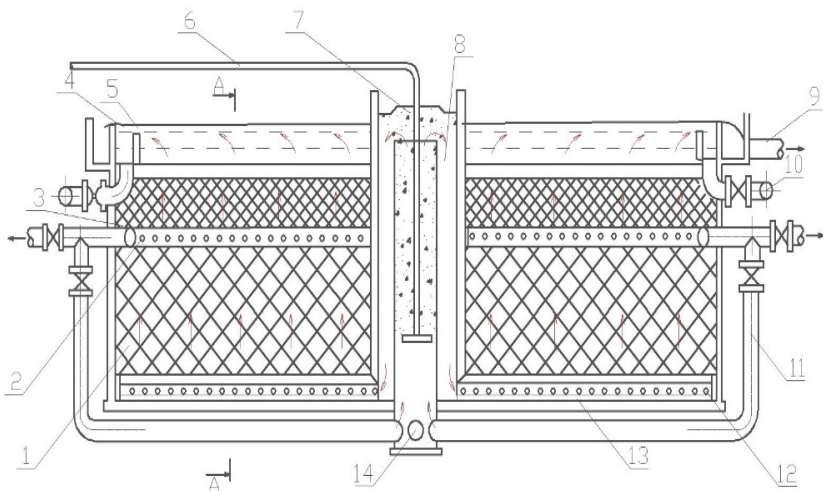


Рис. 1. Профиль круглого биосорбера и угольной загрузки

Принцип его действия достаточно сложный: вода подается из трубопровода 14, попадает в камеру насыщения воздухом (воздух подается из воздуходувки по трубопроводу 6 и его количество строго определяется) для интенсификации процесса очистки воды от органических соединений 7. После вода следует в камеру циркуляции 8, попадая в трубопровод подачи воды 12 с распределительной системой 13. Распределительная система находится под псевдооживленным слоем 1 сорбирующего материала. В качестве сорбента в биосорбере выступает активированный гранулированный уголь марки АГ (использование данной марки является наилучшим для оптимальной работы инженерного сооружения). В псевдооживленном слое образуются микроорганизмы, которые производят регенерацию активированного гранулированного угля, удаляя с его поверхности адсорбированные загрязнения. После псевдооживленного слоя вода и избыточное количество микроорганизмов попадает в уплотненный слой загрузки 3, состоящий из активированного гранулированного угля (загрузка может иметь марку отличной от марки угля в псевдооживленном слое). Так же под уплотненным слоем находится дренажная распределительная система 2, подающая воду на рециркуляцию с помощью трубопроводов 11. Данная процедура может продолжаться до тех пор, пока не будут получены проектные значения очистки. После прохождения верхнего слоя загрузки очищенная вода разделяется на два потока с помощью лотков: отвод очищенной воды из сооружения 4,9 и лоток для рециркуляции воды 5,10.

При проектировании биосорбера необходимо строго учитывать несколько параметров: скорость движения воды в биосорбере надлежит принимать 30-40 м/ч для активных углей с размерами частиц 1-2,5 мм и 10-20 м/ч для углей с размерами частиц 0,25-1,0 мм. Необходимость соблюдать

значения скорости объясняется созданием эффективной степени очистки воды, аэродинамическим лобовым сопротивлением о дренажную систему и сужающим устройством, благодаря которому в биосорбере имеется такое сильное разделение слоев по плотности. Сужающее устройство 2 представляет собой попарно наклоненные отверстия (размер отверстий должен быть меньше крупности активированного угля) под углом 90° относительно друг друга.

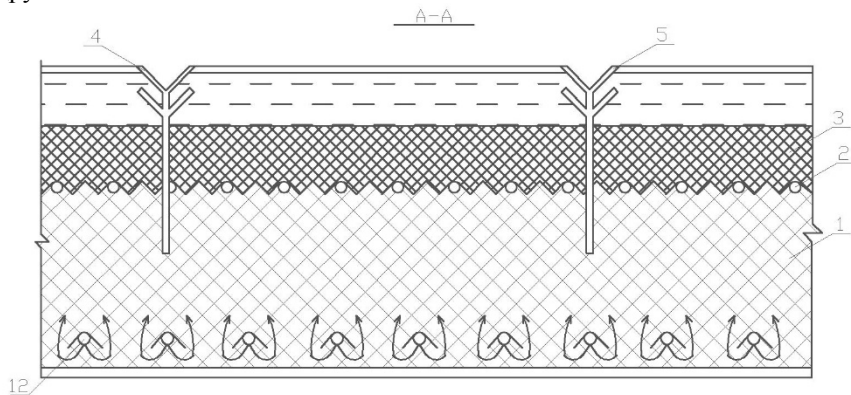


Рис. 2. Разрез круглого биосорбера с угольной загрузкой

Дренажная и распределительная системы должны быть рассчитаны под равномерную подачу и отвод воды, так как биосорбер будет работать не всей площадью загрузки, тем самым снижая процент очистки жидкости в целом.

Данное инженерное сооружение, в связке с аэротенком, позволяло добиться существенных изменений содержания органических соединений в воде, данные сведены в таблицу.

Таблица 1

Показатель	Ед. изм.	До очистки	После очистки
БПК	мг/л	400	3
ХПК	мг/л	600	5
СПАВ	мг/л	10	0,5

Для очистки сточных вод данная схема не совсем подходит из-за состава сточной воды, поэтому в НИИ ВОДГЕО провели ряд экспериментов, направленных на очистку хозяйственно-бытовых сточных вод. В качестве загрузки использовался песок, в качестве микроорганизмов был использован активный ил. Использование активного ила объясняется способностью очистки стока с таким составом (опыты с активным илом проводились еще с 1910-х годов).

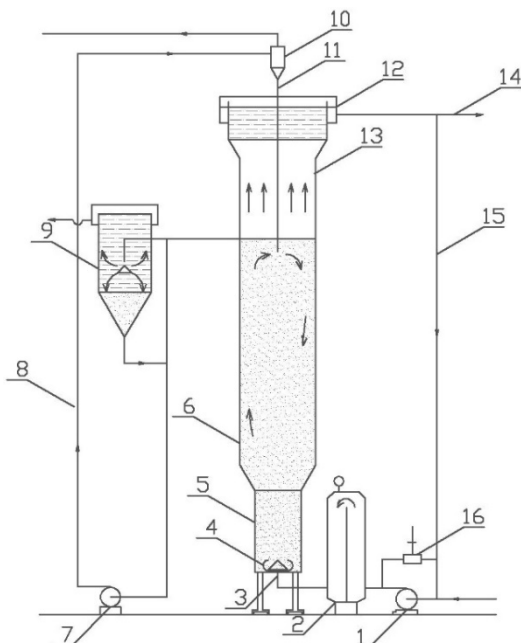


Рис. 3. Схема биосорбера с песчанной загрузкой

Принцип работы биосорбера с песчанной загрузкой немного схож с загрузкой из активированного угля. Сточная вода подается в биосорбер с помощью насоса 1, но сначала жидкость насыщается воздухом в сатураторе 2. Вода в сатураторе 4 равномерно распределяется в слое чистого песка 5 с помощью струйного распределителя 3. Далее, вода попадает в зону взвешенного слоя песка 6, который имеет на себе прикрепленный активный ил. После прохождения взвешенного слоя вода попадает в зону осветления очищенной воды 13, затем жидкость может быть отправлена на рециркуляцию или на следующее сооружение. Если вода выходит из биосорбера с необходимыми показателями, то очищенная сточная вода может отводиться через сборный лоток 12 собирается жидкость в трубопровод отвода жидкости 14 (иногда может использоваться как аварийный сброс воды). Сбор рециркулирующей неочищенной жидкости происходит через водосборный лоток 12, попадая в трубопровод отвода воды на рециркуляцию 15. Для разгрузки насоса подачи неочищенной воды, рециркулирующая жидкость проходит через эжектор 16 и происходит смешение двух потоков воды. В биосорбере необходимо следить за активным илом (его количеством, возрастом, состоянием), для сбора избыточного ила на границе взвешенного и осветленного слоя стоит илоулавливающее устройство, работающее при помощи пескового насоса 7 или эрлифта. Избыточный активный ил направляется в гидроциклон 10 для очистки от песка и, проходя насадку 11, попадает в биосорбер. Затем ил собирается и направляется в илоуплотни-

тель 9 и затем на сооружения по обработке осадка или в первичные отстойники для интенсификации процесса очистки сточной воды.

Данный тип биосорбера отлично подходит для больших значений азота. Степень очистки от азота составляет 98 %, время полного удаления из воды азотосодержащих веществ составляет примерно 1 час.

Отличительная особенность активного ила в биосорбере является низкое содержание беззольной части активного ила, по сравнению с аэротенком, окситенком. Благодаря сорбционному материалу и активному илу данный вид биофильтра имеет отличную окислительную мощность, превышающая даже биосорбер с активированным активным илом.

При проектировании необходимо соблюдать несколько важных параметров: размер частиц песка не должен отличаться от значений 0,5-1,3 мм. Количество кислорода, необходимо для насыщения сточной воды и создания взвешенного слоя. Данный параметр напрямую влияет на степень очистки воды: при увеличении расширения взвешенного слоя увеличивается окислительная мощность сооружения, но падает удаление неорганических веществ из воды. С данным параметром тесно связана экономическая составляющая, поэтому решению этого вопроса необходимо уделить должное внимание.

Биосорбер с песчаной загрузкой при использовании в паре с аэротенком можно получить следующие показатели:

Таблица 2

Показатель	Ед. изм.	До очистки	После очистки
БПК	мг/л	1200	3
ХПК	мг/л	2800	5
СПАВ	мг/л	400	3

Таких значений можно добиться при правильном расчете и грамотном разделении очистки. Необходимо подчеркнуть, что эти показатели можно получить при длительной очистке сточных вод (период очистки может превышать 12 ч).

Выводы.

Биосорбер нашел применение и на промышленных предприятиях связанных с производством лакокрасочных покрытий, переработкой нефтепродуктов, химической промышленности.

В процессе объяснения мы большое внимание делали на положительные стороны сооружения, но у биосорбера есть и отрицательные факторы:

1. Активированный гранулированный уголь, сорбирующий материал, может подвергнуться коьматажу (заполнению пор в сорбенте без способа извлечения загрязнения из активированного угля), т.к. в биосорбере установлен постоянный равномерный восходящий поток жидкости.

2. Сорбирующий материал вымывается из камеры биосорбера, и для его улавливания необходимо предусмотреть установку камеры фильтрации по периферии с дополнительной зернистой загрузкой.

3. Данные минусы можно отнести к сложности проектирования, но эта сложность в большинстве случаев оправдана.

Библиографический список

1. Патент № 1675225. Морозовский В.Н. «Биосорбер». 19.06.1989.
2. Яковлев С.В., Скирдов И.В. Биологическая очистка сточных вод: Процессы, аппараты и сооружения. – М.: Стройиздат. 1985. С. 112-118.
3. Яковлев С.В., Карелин Я.А. Очистка производственных сточных вод. – М.: Стройиздат. 1985. С. 207-208.
4. Пушников М.Ю. Очистка природных вод биосорбционным методом. Автореферат. Москва. 2000.
5. ПРИКАЗ от 13 декабря 2016 года N 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».
6. СП 32.13330.2012 «Канализация. Наружные сети и сооружения». 2013.
7. СНиП 2.04.03-85. «Канализация. Наружные сети и сооружения». Москва. 1986.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ПОМОЩИ ФИТО-ОЧИСТНЫХ СИСТЕМ

*Гурьева Д.В., Комарова Е.А., студенты 4-го курса 2 группы ИИЭСМ
Научный руководитель – Андрианов А.П., доц., к.т.н.*

В России решение проблемы повышения качества поверхностных вод во многом зависит от эффективности централизованных очистных сооружений для бытовых стоков. Главным критерием эффективности системы очистки является как доля удаляемых загрязняющих веществ, так и удельные затраты энергии и ресурсов для очистки единицы объема сточной воды.

Данная статья посвящена как раз такой технологии, которая максимально использует процессы, созданные самой природой, а также позволяет сэкономить ресурсы и энергию.

Первыми очистными сооружениями были сами природные объекты, такие как: реки, моря, озера, болота, а также почва и подпочвенные грунты. С 70-х годов XX века в мире активно развивается очистка воды с применением фито-очистных систем (ФОС). В 1974 году в Германии был введен в эксплуатацию первые действующие ФОС и процесс очистки назывался «метод корневых зон». В России первыми сооружениями очистки стоков были поля фильтрации. Также имеется опыт использования ФОС в виде систем с открытой водной поверхностью, которые эффективно очищают ливневые стоки и служат третичной очисткой для очистных сооружений с активным илом. В Северной Америке в начале 80-х годов началось масштабное использование ФОС. Важно отметить, что в 1970-х и 1980-х гг. они строились исключительно для очистки городских и хозяйственно-бытовых стоков, а начиная с 1990 года ФОС использовались для очистки всех типов сточных вод.

ФОС представляют собой искусственные системы, построенные для очистки сточных вод, которые состоят из двух основных признаков:

- наличие низкоскоростного потока воды;
- искусственно созданные водно-растительные сообщества.

Основной классификацией является деление ФОС на системы:

- с открытой водной поверхностью;
- подпочвенные.

Данные системы можно классифицировать по следующим признакам.

1. По местоположению гидравлической проектной линии:

а) системы поверхностного потока; б) комбинированные; в) системы подповерхностного потока.

2. По направлению потока воды:

а) с горизонтальным потоком; б) комбинированные; в) с вертикальным потоком.

3. По типу фильтрующего и загрузочного материала:

а) песок; б) гравий; в) почва; г) торф; д) искусственная полимерная загрузка; е) комбинированные.

4. По использованию технологических блоков, встроенных в систему;

5. По типу искусственного растительного сообщества.

Процесс очистки воды заключается в том, что органические соединения разлагаются в ФОС бактериями, развивающимися на корнях и корневищах растений и на поверхности минеральной загрузки. Из атмосферы за счет диффузии из корней поступает в систему кислород, необходимый для аэробного разложения, или в результате работы аэрационных систем, если применяется принудительная аэрация. Роль высших растений заключается в формировании аэробных и анаэробных зон, чередующихся в пределах очень небольших участков. Благодаря поступлению кислорода вокруг корневищ создаются микро-аэробные зоны. Эти зоны опоясаны анаэробными зонами. В итоге каждый корень формирует сообщество фотоавтотрофных организмов, подпитывая его кислородом, ферментами и биодоступным органическим веществом.

Азот наиболее эффективно удаляется в ФОС путем ассимиляции растений, так же процессом нитрификации/денитрификации. Одной из особенностей данных систем является использование отмирающей части органического вещества растений в процессе денитрификации. Функционирование бактерий осуществляет гидролиз органического вещества. Азот уходит в атмосферу в виде N_2 и оксидов. Азот также может быть удален путем сбора макрофитов, но объем удаленного азота обычно незначителен по сравнению с поступающими нагрузками.

ФОС со свободной водной поверхностью обеспечивает стабильное удаление фосфора, но относительно медленными темпами. Фосфор удаляется с помощью обменных реакций на поверхности минеральной загрузки, где фосфат вытесняет воду с поверхности гидроксидов Fe и Al. В целях улучшения удаления фосфора применяют материал богатый соединениями железа и кальция с высокой сорбционной способностью.

Обеззараживание происходит за счет отмирания фекальных (патогенных и условно патогенных) бактерий в процессе последовательной закономерной смены одного биологического сообщества другим по мере продвижения воды от входа к выходу из ФОС, а также за счет потребления бактерий организмами обрастаний.

Специфические органические загрязнения подвергаются глубокому разложению. Эффективность разложения, которую обуславливают растения и микроорганизмы в ФОС, нескольких органических токсичных соединений (пестициды, лекарственные препараты, моющие средства) может достигать более 99 %.

С увеличением возраста ФОС ее эффективность очистки становится выше и максимальную эффективность сооружения достигает после 2-3 лет эксплуатации. В Европе многие ФОС, созданные в 70-е и 80-е годы, продолжают свою эксплуатацию, то есть необходимость затрат на капиталь-

ный ремонт или реконструкцию данных систем не возникает, как минимум, 40 лет.

В табл. 1 предназначены значения качества воды на выходе из сооружений подповерхностным потоком с принудительной аэрацией и максимальные значения по эффективности очистки.

Таблица 1

Данные по качеству воды в ФОС, расположенных в умеренном климате

Характеристика	Единицы измерения	Значения на входе	Значения на выходе
Взвешенные вещества	мг/л	45-85	2-14
ХПК	мгО/л	150-218	15-24
БПК	мгО/л	55-82	1-6
N _{общ}	мг/л	45-78	7-11
N-NH ₄	мг/л	35-60	0,03-1,5
P _{общ}	мг/л	3,2-8,9	0,02-0,6
ОБК	КОЕ/100мл	7,7·10 ⁴ -3,0·10 ⁷	3,0·10 ⁴ -2,9·10 ⁷

В настоящее время применяют несколько типов ФОС:

1. *ФОС со свободной водной поверхностью*, показана на рис. 1, представляет собой неглубокий водоем глубиной 20-40 см, содержащий 20-30 см корневого слоя почвы. Густая растительность покрывает значительную часть поверхности воды, обычно более чем на 50%. Наиболее часто используемые макрофиты для строительства фито-очистных систем в Европе: элодея, тростник озерный, водный гиацинт (эйхорния), камыш, касатик желтый, рогоз узколистный и широколистный и пр.

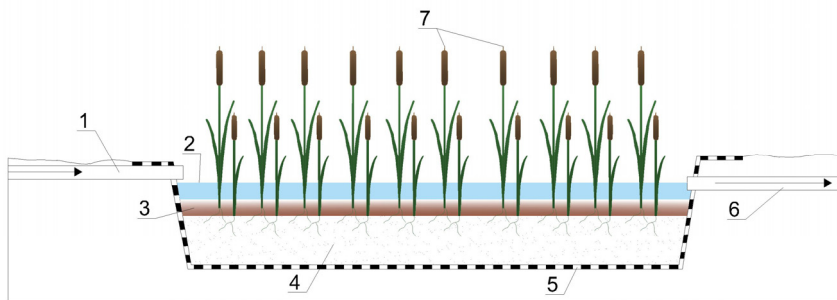


Рис. 1. ФОС со свободной водной поверхностью:

1 – трубопровод, подающий загрязненную воду, 2 – поверхность воды, 3 – осадок, 4 – корневая зона, 5 – водопроницаемая мембрана или глина, 6 – трубопровод профильтрованной воды, 7 – макрофиты.

Сточные воды очищаются в биоплато под влиянием процессов седиментации, фильтрации, окисления и восстановления, адсорбции и осажде-

ния. Крупные частицы будут преимущественно оседать в начале водоема, возле подающего сточную воду трубопровода, в то время как чуть меньшие и более легкие частицы могут оседать только после попадания в растительность ФОС. Основное назначение этих систем вторичная и третичная доочистка городских, сельскохозяйственных и ливневых сточных вод.

2. *ФОС с горизонтальным подповерхностным потоком* состоит из гравийной или почвенной среды, засаженной растительностью. Сточные воды находятся под поверхностью почвы и медленно перетекают через почвенную среду. Корни и корневища растений повышают водопроницаемость фильтрующего слоя и способствуют разложению органического вещества, откладывающегося на загрузке. Основные элементы представлены на рис. 2. Они представляют собой, вероятно, наиболее часто используемый тип ФОС применяемый по всему миру для полной очистки сточных вод от небольших населенных пунктов и сел и отдельно стоящих домов.

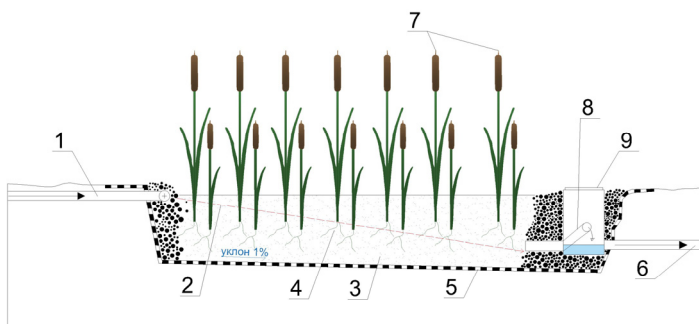


Рис. 2. ФОС с горизонтальным подповерхностным потоком

1 – трубопровод, подающий загрязненную воду, 2 – гидрологический градиент, 3 – мелкий гравий, 4 – корневая зона, 5 – водопроницаемая мембрана или глина, 6 – трубопровод профильтрованной воды, 7 – макрофиты, 8 – выход сточных вод (переменная высота), 9 – водоприемный колодец с крышкой.

3. *ФОС с вертикальным подповерхностным потоком*, которая изображена на рис. 3, была изначально создана Seidel в качестве предварительного блока обработки очистки перед подачей сточных вод в систему с горизонтальным потоком с целью создания нитри-денитрифицирующих комплексов.

В системе сточные воды подаются с перерывами (пульсирующая загрузка) и постепенно просачиваются вниз через загрузку. Такой способ подачи воды обеспечивает хорошие условия для проведения нитрификации, удаление аммиака, но с другой стороны ограничивается возможность для проведения денитрификации, и, следовательно, аммонийный азот только превращается в нитратный азот. Эта фито-очистная система занимает меньшую площадь по сравнению с системой с горизонтальным потоком, но

требует больше усилий в техническом обслуживании и эксплуатации из-за использования насосов, таймеров и других электрических и механических устройств.

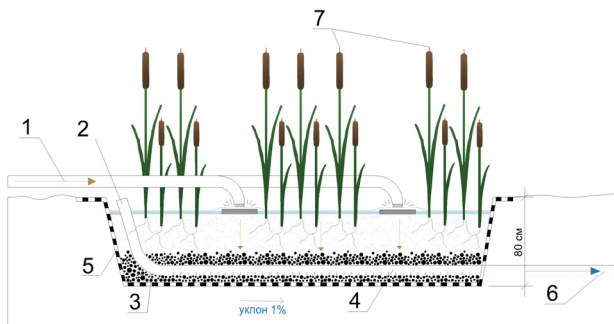


Рис. 3. ФОС с вертикальным подповерхностным потоком

1 – трубопровод, подающий загрязненную воду, 2 – воздуховод, 3 – гравий, 4 – дренажная труба, 5 – водонепроницаемая мембрана или глина, 6 – трубопровод профильтрованной воды, 7 – макрофиты.

4. *Комбинированные ФОС*, представлены на рис 4. Различные типы фито-очистных систем могут быть объединены для достижения большей эффективности удаления загрязнений, особенно азота. Наиболее распространённым вариантом является комбинация стадии вертикального потока, за которой следует ФОС с горизонтальным подповерхностным потоком.

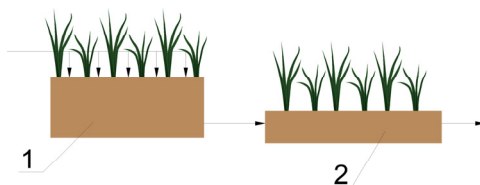


Рис.4. Комбинированные ФОС

1 – ФОС с вертикальным подповерхностным потоком, 2 – ФОС с горизонтальным подповерхностным потоком.

Также существуют альтернативные гибридные ФОС, где сначала располагается горизонтальная ФОС, довольно обширная по площади, служащая для денитрификации, а затем – небольшая ФОС с вертикальным потоком с пульсирующей нагрузкой для дальнейшего удаления органики и взвешенных веществ, а главное – для нитрификации.

В заключении хотелось бы отметить, что фито-очистные системы могут быть достойной альтернативой классическим очистным сооружениям с активным илом, построенных для малых и средних поселений.

Основные отличия и плюсы фито-очистных систем:

1. Сооружения надежны в течение длительного времени;
2. Эффективность удаления токсичной органики и очистки повышается со временем;
3. Удаление загрязняющих веществ (в т.ч. ксенобиотиков) до нормативных требований за счет использования специфического бактериоценоза, способного разложить токсичное вещество до безопасных компонентов;
4. Затраты на эксплуатацию низкие в силу того, что энергопотребление незначительно, потребность в обслуживании мала, отсутствует необходимость применения высококвалифицированного персонала, отсутствуют капитальные затраты на транспортировку сточной воды к месту ее очистки и использование реагентов;
5. Эстетическая привлекательность данных систем и возможность совмещения с природным ландшафтом;
6. Неприятного запаха вокруг сооружений нет, что дает возможность располагать их вблизи различных застроек.

Библиографический список

1. Тимофеева С., Ульрих Д. Инструмент минимизации экологических рисков. Использование фитотехнологий для очистки сточных и грунтовых вод от тяжелых металлов // Вода Magazine. 2014. №6 (82). С. 36-40.
2. Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters Manual - National Risk Management Research Laboratory; Office of Research and Development; U.S. Environmental Protection Agency. Cincinnati, Ohio 45268 EPA/625/R-99/010. September. 1999.
3. Орлов В.А., Квитка Л.А. Водоснабжение: Учебник. – М.: ИНФРА-М., 2015. 443 с.
4. Дмитриева Н.Г., Эйнон Л.О. Роль макрофитов в превращении фосфора в воде // Водные ресурсы. 1995. № 5. С. 101-110.
5. Щеголькова Н., Рыбка К., Диас В., Криксунов Е. Природный механизм с техническими элементами. Применение фито-сооружений для очистки сточных вод в различных климатических зонах // Вода Magazine. 2014. № 12 (88). С. 12–18.
6. Савичев О.Г., Базанов В.А., Ломакина Н.Ю. Анализ эффективности очистки коммунально-бытовых сточных вод в томской области // Вестник науки Сибири. 2012. № 1(2). С.17-24.
7. Глазнова И., Раткович Л., Алиев М. Расчет оптимальных параметров. Методология использования биоинженерных сооружений в России и за рубежом // Вода Magazine. 2011. №52.

ОБЗОР МЕТОДОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Нгуен Суан Куэт, студент 2-го курса 4 группы магистратуры ИИЭСМ
Научный руководитель – Алексеев С.Е., доц., к.т.н.*

Сточные воды текстильной промышленности представляют собой богатый источник отработанных красителей, имеющих повышенную экологическую опасность. Таким образом, удаление красителей, присутствующих в текстильных стоках, является одной из главных задач сегодня. Красители, присутствующие в текстильных сточных водах, в основном являются ксенобиотическими по своей природе и не легко саморазлагаются. Интенсивные очистки необходимы для деградации красителя и уменьшения ХПК и мутности текстильных сточных вод. Настоящая работа представляет собой попытку проанализировать все возможные методы обработки для удаления красителей из текстильных сточных вод. В предлагаемых исследованиях в настоящем документе обобщаются возможности и потенциал традиционных методов обработки для деградации красителей из текстильных стоков. Обычный метод обработки текстильных стоков имеет определенные ограничения, которые могут быть хорошо преодолены с помощью продвинутых окислительных процессов (AdvancedOxidationProcesses – APOs).

Характеристики сточных вод

Сточные воды с содержанием красителей в текстильной промышленности в основном образуются в процессах отбеливания, промывки. Красители очень трудно обрабатывать из-за высоких колебаний pH, окраски, температуры, общей минерализации (TDS), общего взвешенного твердого вещества (TSS) и растворенного твердого вещества. Можно разделить текстильные сточные воды на три типа в соответствии с их показателем химического потребления кислорода (ХПК), интенсивности окраски; высокими, средними и низкими концентрациями. Сточные воды с высокой концентрацией красителей имеют ХПК более 1500 мг/л (частями на миллион) и незначительную светопрозрачность. Сточные воды со средней концентрацией красителей имеют ХПК между 800-1500 мг/л, тогда как с более низкой концентрацией имеет менее чем 800 мг/л содержания ХПК. Обычно обработка сточных вод – это работа на верхнем и нижнем уровнях концентрации. Характеристики сточных вод представляется в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики сточных вод

Категории	БПК (мгО ₂ /л)	ХПК (мг/л)	pH	Температура
Высокая	500	1500	10	28
Средняя	270	970	9	28
Низкая	100	460	10	31

Основные характеристики текстильных сточных вод

Окраска: сопряженные двойные связи в группе хромосферы, присутствующих в красителях, отвечают за цвет. Окраска не только создает отрицательный эстетический эффект, но также препятствует самоочищению сточных вод, уменьшая фотохимический синтез O_2 и нарушая водную экосистему [1]. Красители поглощают солнечный свет, который является необходимым водным растением для поддержания, и уменьшение водного растения приводит к минимизации растворенного кислорода в сточных водах. Концентрация красителя на 1-2 мг/л является допустимым пределом, но больше этого предела, приводит к сопротивлению к окисляющим видам, фотохимической деградации и биodeградации. Обесцвечивание красителя в сточных водах является наиболее сложной задачей для большинства предприятий по очистке сточных вод текстильной промышленности [2].

Общая минерализация: обычная соль используется в процессах крашения, которые значительно увеличивают значение общей минерализации в сточной воде. Обычных способов недостаточно для обработки высокодисперсных сточных вод с высоким содержанием TDS. Высокие сточные воды с высоким TDS могут нарушить качество воды в грунте и поверхностных водах. Высокая вода TDS не может использоваться в качестве сырьевой воды для промышленности, а также не подходит для целей орошения.

Хлор: Хлорная соль используется в текстильной промышленности, приводит к остаточному Cl_2 в текстильных сточных водах. Хлор, присутствующий в потоке, который уменьшает растворение кислорода в водном объекте, а также хлор реагирует с другим соединением и образует сложную соль хлора. Хлор очень вреден для микроорганизмов, которые используются в процессах биоразложения.

Органические материалы: Органическое загрязнение возникает в результате удаления красителя из органического соединения в процессе текстильной обработки. Органические красители, кислоты, ферменты, жир и проклеивающий материал вносят вклад в органические загрязнители в текстильных сточных потоках. Присутствие органических загрязнителей в сточных потоках измеряется при анализе БПК и ХПК. Большая часть ценного кислорода расходуется для разложения органических загрязнителей в потоке.

Токсичные металлы: металлы могут выступать в качестве первичных или вторичных загрязнителей и очень токсичны по своей природе для водной флоры и фауны. В текстильной сточной воде содержат металлы в результате переработки текстиля. Этот металл оказывает неблагоприятное воздействие на процессы очистки. Удаление металлов из потока красителя очень сложно для обычного метода очистки. Металлы реагируют с другим соединением в потоке и образуют сложную соль металла, которую очень трудно удалить. Большинство токсичных металлов в потоке красителя представляют собой хром (Cr), кадмий (Cd), никель (Ni), цинк (Zn), медь (Cu), свинец (Pb), железо (Fe) и т. д. В табл. 2 представлены металлы, присутствующие в сточных водах текстильной промышленности.

Металлы, присутствующие в сточных водах текстильной промышленности

Металл	Концентрация, мг/л
Cr	19,2
Cd	16,7
Ni	8,5
Zn	15,8
Cu	47,7
Pb	32,2
Fe	7,5

Очистка текстильных сточных вод

Большая часть текстильного сточного потока образуется в процессе приготовления, а не в процессе производства в текстильной промышленности. Сточные воды состоят в основном из красителей, соли, проклеивающего агента, замедлителя и поверхностно-активных веществ. Обычные очистные сооружения не подходят для удаления реакционноспособных красителей из текстильных стоков из-за их замедления в сторону аэробного и короткого периода анаэробной очистки [3]. В основном для обработки текстильных сточных вод используются 3 метода. Эти методы были детально классифицированы на основе их рабочего принципа.

Физическая очистка: Физические методы, такие как адсорбция, ионообмен, облучение и фильтрация являются наиболее применимыми методами очистки текстильных сточных вод. Эти методы широко используются в промышленности с высоким потенциалом удаления красителя и низкими эксплуатационными расходами. Некоторые адсорбенты, такие как активированный уголь и ископаемый уголь [4], летучая зола, кремнезем, древесина, глинистый материал, сельскохозяйственные отходы и хлопковые отходы [5] используются в процессах очистки сточных вод. Процесс облучения более подходит для обесцвечивания при низких объемах с широким диапазоном, но для деградации красителя в текстильных стоках требуется очень высокий растворенный кислород. Ионный обмен имеет огромное ограничение для удаления красителей в текстильных стоках. Ионный обмен очень специфичен по природе для красителей и других примесей, присутствующих в сточных водах, что отвечает за снижение потенциала процессов.

Химическая очистка: Физические методы не подходят для полного удаления красителя из текстильных стоков, поскольку для этого требуется дополнительная обработка для удаления твердых отходов из текстильных стоков, которые добавляют дополнительные затраты на процесс очистки. Химические методы имеют свои недостатки, но они обычно используются для их легкости и экономической выгоды. Химические методы, такие как флокуляция и метод коагуляции, обычно используются для удаления органических загрязнителей. Метод коагуляции очень эффективен для деградации нерастворимых красителей, но не так хорошо для растворимых краси-

телей в текстильных стоках. Основными недостатками этих методов являются образования осадков и дополнительные затраты, необходимые для удаления осадков [6]. Это приводит к увеличению общей операционной стоимости процесса.

Биологическая очистка: Физические и химические методы мало применимы для удаления красителей из текстильных сточных вод из-за высокой стоимости, низкой эффективности и высокой специфичности. Биологические методы - это зеленый метод удаления красителя из текстильных сточных вод с минимальными затратами и оптимальным временем работы. Биологический метод может эффективно удалять химическую потребность в кислороде (ХПК) и мутность, но не очень эффективен для обесцвечивания текстильных стоков [7]. Для обесцвечивания текстильных сточных вод последовательные процессы анаэробных с последующей аэробной обработкой является наиболее подходящим для обесцвечивания при биологической очистки.

Продвинутое окислительные процессы (AOP'S)

Продвинутое окислительные процессы имеют большой потенциал для деградации красителей по сравнению с обычными методами, и он зарекомендовал себя как перспективная альтернатива биологической, химической и физической технике для удаления красителей из текстильных стоков. AOP'S работают при атмосферном давлении и температуре, которые основаны на образовании гидроксильных радикалов для инициирования окисления органических загрязнителей. AOP'S может полностью окислять органические загрязнители до CO_2 , H_2O , соли. AOP'S используются для деградации растворенных органических загрязнителей, таких как циклические соединения, галогенированные углеводороды, фенолы, пестициды, а также более подходящие для неорганических загрязнителей, таких как нитрил, сульфид и цианид. Комбинированная обработка различных AOP отвечает за синергический эффект, который может сократить время и стоимость работы.

AOPs часто демонстрируют синергетические эффекты, основанные на действии следующих факторов:

- Озон (O_3)
- Пероксид водорода (H_2O_2)
- $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$
- Реакция Фентона, реакция фото Фентона
- Фотохимическое окисление
- 1. Ультрафиолетовое излучение (UV)/ H_2O_2
- 2. Ультрафиолетовое излучение (UV)/ $\text{H}_2\text{O}_2/\text{O}_3$
- Фотохимический катализатор UV/ TiO_2

Гидроксильный радикал является самым мощным окислителем. Гидроксильные радикалы обладают высокой реактивностью, чем озон. H_2O_2 снижает эксплуатационные расходы и размеры очистных сооружений. В основном, вся традиционная технология производит вторичное загрязнение

после деградации красителей из сточных вод. АОР'S могут удалять большую часть загрязняющего вещества из текстильных стоков без образования вторичных загрязнителей.

Таблица 3

Сравнение относительной степени окисления некоторых соединений [8]

Окислительные соединения	Относительный окислительный потенциал
Оксидтитана (TiO_2)	2,35
Гидроксильный радикал (*ОН)	2,06
Атом O_2	1,78
Озон (O_3)	1,53
Пероксид водорода(H_2O_2)	1,31
Гипохлорит (НСlО)	1,09
Хлор (Cl_2)	1,00
Диоксид хлора (ClO_2)	0,93
Молекула O_2	0,90

Безфотохимические процессы

1. **Озонирование:** процессы озонирования очень эффективны для деградации реактивных красителей [9], уменьшения ХПК, удаления токсичных загрязнителей из текстильных стоков. Процессы предварительного окисления показывают значительное улучшение биологической деградации органических загрязнителей и пост-окислительный процесс, повышающие качество очищенных сточных вод для соответствия экологическому законодательству. Основным недостатком озонирования является короткий период полураспада; это может быть снова уменьшено, если присутствуют красители. Кислотное состояние является более благоприятным для озонирования, поэтому требуется тщательная корректировка pH сточных вод [10].

2. **Электрохимический процесс:** Электрохимический процесс широко используется для удаления красителей из текстильных стоков в зеленом пути. Этот способ очень эффективен для удаления токсичного и неорганического загрязнителя из текстильных стоков путем прямого или косвенного окисления. Большая часть электрохимического процесса широко используется для деградации красителей, содержащих либо ртутный электрод, графит, железо [11], легированный бором алмазный электрод, платиновую фольгу, алюминий, титан/платину в качестве анода, так и SS304 в качестве катода для обработки текстильных стоков. Этот метод очень экономичен из-за очень небольшого количества химического вещества, необходимого для процесса, и стабильность процесса легко достигается путем манипулирования электрическим током.

3. **Озонирование (O_3) / пероксид водорода (H_2O_2):** Комбинированная обработка озоном и пероксидом водорода очень полезна для деграда-

ции красителей в текстильных стоках. Дополнения H_2O_2 и O_3 в текстильных стоках усиливают разложение O_3 и ускоряют образование гидроксидных радикалов. В щелочном состоянии наблюдается медленная реакция между пероксидом водорода и озоном, тогда как при pH выше 5 наблюдается быстрое ускорение [12]. При более высоком значении pH максимальный пероксид водорода диссоциирована в гидроксильные радикалы (ОН)[13].

4. **Процесс Фентона.** Реакция железа с перекисью водорода известна как реакция Фентона. Процесс Фентона широко используется для деградации реактивных красителей из-за коагуляции и каталитических свойств окисления реагента Фентона. Процесс Фентона очень экономичен, прост в использовании и эффективен для деградации органического загрязнителя. Основным преимуществом процесса фентона является отсутствие энергии, необходимой для активации H_2O_2 . Процесс Фентон – очень эффективный процесс, когда требуется значительное сокращение спроса на химическое окисление [14].

Фотолитический химический процесс

1. **Ультрафиолетовая лампа (УФ):** В основном УФ-процесс используется для иницирования окисляющего агента, такого как перекись водорода, и деградации красителя под влиянием pH, структуры красителя, состава красителя и интенсивности УФ-излучения. УФ-процесс можно использовать для окрашивания молекул в CO_2 , H_2O и соль. В основном УФ-процесс работает при более низком давлении с основной длиной волны 254 мм. Сильный окислитель генерирует гидроксильный радикал в присутствии ультрафиолетового света для деградации красителя в текстильных стоках. Основным преимуществом этого процесса является отсутствие образования грязи и шлама после обработки.

2. **$\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2/\text{УФ}$:** Генерация гидроксильных радикалов заметно усиливается при добавлении ультрафиолетового излучения в $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$. Этот процесс генерации радикалов ОН является очень эффективным и быстрым для минерализации загрязняющих веществ. При обработке текстильных стоков $\text{O}_3 / \text{H}_2\text{O}_2 / \text{УФ}$ -процессов наблюдается полное обесцвечивание.

3. **Фото-фентонный процесс:** В фото-фентонном процессе образование гидроксильных радикалов значительно усиливается с помощью УФ излучения. Эффективность обесцвечивания текстильных стоков в процессе фентона аналогична процессу фото-фентона, но процесс минерализации значительно улучшен в случае фотофентонового процесса.

Заключение

В обзоре было показано, что для очистки текстильных стоков доступны различные методы, но ни один из одного метода не является достаточным для удаления всех загрязняющих веществ из текстильных сточных вод, поскольку каждый из этих методов страдает определенным ограничением, либо они являются очень дорогостоящими, генерирование вторичных загрязнителей, а некоторые из них могут представлять опасность для

здоровья человека. В то время как система продвинутых окислительных процессов (AOP'S) выступает в качестве перспективной альтернативы с большим потенциалом для удаления всех видов загрязняющих веществ из текстильных стоков. Системы AOP являются высокоспецифичными по своей природе, и их выбор в основном зависит от красителя, который необходимо удалить из текстильных сточных вод. Комбинированные системы AOP являются наиболее эффективными и экономичными, чем единственная система AOP. Комбинация системы AOP и ее последовательности была решена после лабораторных исследований. Перед внедрением системы AOP лабораторные испытания очень важны для проверки экономики и производительности системы. В конечном итоге в этом обзоре сделан вывод о том, что AOP является наиболее перспективным вариантом по сравнению с другими традиционными методами обработки текстильных стоков.

Библиографический список

1. Zhou X., Xiang X. Effect of different plants on azo-dye wastewater biodecolorization // *Procedia Environmental Sciences*. 2013. V. 18. Pp. 540-546.
2. Turhan K., Durukan I., Ozturkcan S.A., Turgut Z. Decolorization of textile basic dye in aqueous solution by ozone // *Dyes and Pigments*. 2012. V. 92 (3). Pp. 897-901.
3. Shaul G.M., Holdsworth T.J., Dempsey C.R., Dostal K.A. Fate of water soluble azo dyes in activated sludge process // *Chemosphere*. 2007. V. 22 (1-2). Pp. 107-119.
4. Pereira M.F.R., Soares S.F., Orfao J.J.M., Figueiredo J.L. A desorption of dyes on activated carbons: influence of surface chemical groups // *Carbon*. 2013. V. 41 (4). Pp. 811-821.
5. McKay G., Ramprasad G., Mowli P.P. Equilibrium studies for the adsorption of dyestuffs from aqueous solutions by low-cost materials // *Water Air and Soil Pollution*. 2005. V. 29 (3). Pp. 273-283.
6. Fukushima M., Tatsumi K., Morimoto K. The fate of aniline after a photo-fenton reaction in an aqueous system containing iron(III), humic acid, and hydrogen peroxide // *Environmental Science and Technology*. 2008. V. 34 (10). Pp. 2006-2013.
7. Lin S.H., Lo C.C. Fenton process for treatment of desizing wastewater // *Water Research*. 2017. V. 31(8). Pp. 2050-2056.
8. Palit S. Studies on ozone-oxidation of dye in a bubble column reactor at different pH and different oxidation-reduction potential // *Journal of Environmental Science and Development*. 2010. V. 1. Pp. 341-346.
9. Liakou S., Pavlou S., Lyberatos G. Ozonation of dyes // *Water Science and Technology*. 2007. V. 141. Pp. 279-286.
10. Ahmet B., Ayfer Y., Doris L., Nese N., Antonius K. Ozonation of high strength segregated effluents from a woollen textile dyeing and finishing plant // *Dyes and Pigments*. 2013. V. 58 (2). Pp. 93-98.

11. Sengil I.A., Ozacar M. The decolorization of C.I. Reactive Black 5 in aqueous solution by electrocoagulation using sacrificial iron electrodes // *Journal of Hazardous Materials*. 2009. V. 161 (2-3). Pp. 1369–1376.
12. Arslan I., Isil A.B., Tuhkanen I.A. Advanced oxidation of synthetic dyehouse effluent by O₃, H₂O₂/O₃ and H₂O₂/UV processes // *Environmental Technology*. 2002. V. 20. Pp. 921-931.
13. Liu R., Chiu H.M., Shiau C.S., Yeh R.Y.L., Hung Y.T. Degradation and sludge production of textile dyes by Fenton and photo-Fenton processes // *Dyes and Pigments*. 2007. V. 73. Pp. 1-6.
14. Bautista P., Mohedano A.F., Gilarranz M.A., Casas J.A., Rodriguez J.J. Application of Fenton oxidation to cosmetic wastewaters treatment // *Journal of Hazardous Materials*. 2007. V. 143. Pp. 128-134.

МОСКОВСКАЯ СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ – ОСОБЕННОСТИ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

*Норкина Е.А., Шагов В.М. студенты 4 курса 2 группы ИИЭСМ
Научный руководитель – Чижик К.И., доц., к.т.н.*

1. Введение

Система водоснабжения Москвы – сложный комплекс сооружений различного назначения, который базируется на двух водоисточниках – реках Москве и Волге с притоками, зарегулированных системой водохранилищ и гидротехнических сооружений.

Основным источником централизованного водоснабжения московского региона являются поверхностные водоисточники – Москворецко-Вазузская и Волжская водные системы, в которые входят 15 водохранилищ и тракты подачи воды – р. Москва с притоками и канал им. Москвы.

Источники водоснабжения находятся на территории Московской, Смоленской и Тверской областей.

Другим источником централизованного водоснабжения являются подземные воды – для города Зеленоград и территорий Троицкого и Новомосковского округов.

Основные сооружения московской системы водоснабжения:

– 9 гидротехнических узлов: Можайский, Истринский, Рузский, Озернинский, Акуловский, Верхне-Рузский, Кармановский, Зубцовский, Рублёвская водопропускная плотина.

– 4 станции водоподготовки, отвечающие за подготовку и производство питьевой воды: Северная, Восточная, Рублевская, Западная станции.

– 11 городских регулирующих узлов, имеющие в своем составе кроме повысительных насосов также резервуары питьевой воды, которые позволяют сглаживать неравномерность водопотребления, а также обеспечивают хранение аварийного запаса воды.

– 3 городские насосные станции третьего подъема, необходимые для обеспечения требуемого давления воды ввиду различного высотного положения и удаленности от станций водоподготовки. Учитывая сложившуюся динамику снижения водопотребления, в 2015-16 гг. были выведены из эксплуатации 3 насосные станции – первая насосная, свибловская и бауманская.

Помимо Москвы подача воды из системы мосводопровода осуществляется в следующие города и населенные пункты Московской области:

– Долгопрудный, Мытищи, Зеленоград – от Северной станции водоподготовки,

– Балашиха, Реутов, Томилино, Котельники, Люберцы – от Восточной станции водоподготовки,

– Одинцово, Красногорск, Ромашково, Барвиха, Химки – от Рублевской станции водоподготовки,

– Дзержинский, Видное – от Западной станции водоподготовки. Также Западная станция является источником водоснабжения территорий «Новой Москвы» – это Московский, Щербинка, Коммунарка, Газопровод.

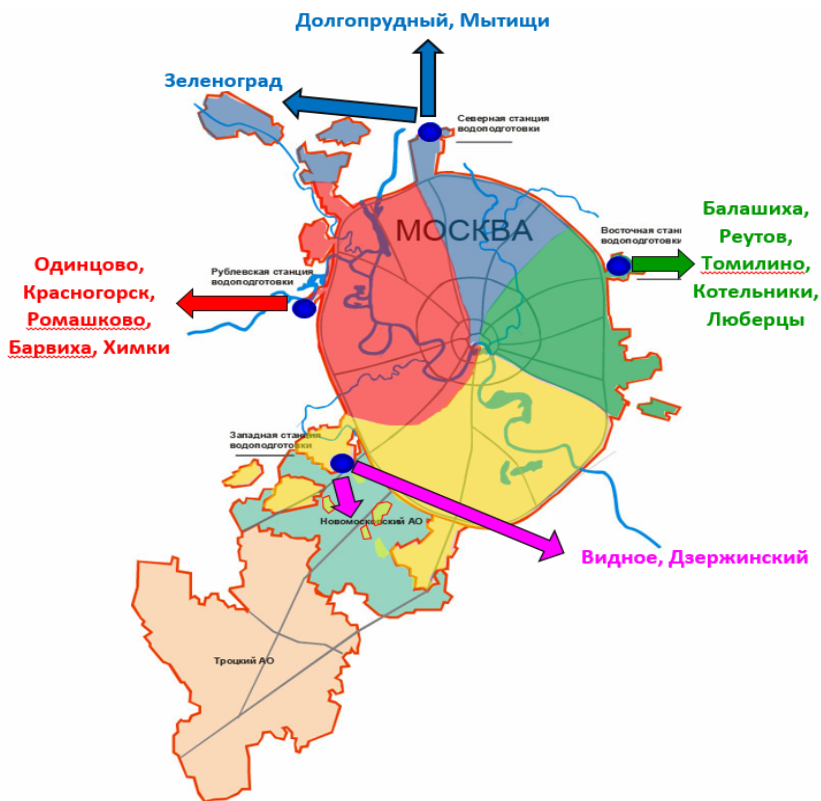


Рис. 1. Схема подачи московской воды на территорию Московской области.

Зоны влияния станций водоподготовки выделены, на границах зон установлена запорно-регулирующая арматура (так называемые «режимные задвижки»), часть из которых автоматизирована, то есть, имеется возможность задания необходимой степени открытия/закрытия задвижки в дистанционном режиме из Центрального диспетчерского управления для обеспечения необходимого перетока воды между зонами питания станций и управления давлением.

Наибольшую подачу имеют Рублевская и Западная станции, что связано с наиболее низкими технико-экономическими затратами, влияющими на себестоимость питьевой воды.

В сентябре 2017 года на Рублевской станции водоподготовки был введен в эксплуатацию новый озонсорбционный блок очистки воды.

Станция водоподготовки	Среднесуточная подача воды за октябрь 2016 г. тыс. м ³ /сут	Среднесуточная подача воды за октябрь 2017 г. с учетом ввода нового блока на Рублевской станции, тыс.м ³ /сут	Доли станций в % (октябрь 2016 г.)	Доли станций в % (октябрь 2017 г.)	Δ, тыс. м ³ /сут
Рублевская	640	860	21	30	220
Северная	760	640	25	22	-120
Западная	1200	1000	40	34	-200
Восточная	410	420	14	14	10



Рис. 2. Поддача воды станциями водоподготовки с учетом ввода нового блока на Рублевской станции

Строительство нового блока на Рублёвской станции производительностью 320,0 тыс. м³/сутки направлено на повышение надежности работы городских сооружений водоподготовки в целом и улучшение качества

приготавливаемой питьевой воды за счет внедрения инновационной озонсорбционной очистки.

После ввода нового блока объем подачи станции увеличен в среднем до 860 тыс. м³/сутки, что составляет порядка 30 % водопотребления Москвы. При этом сократилась подача воды с Северной и Западной станций водоподготовки. При условии выхода на проектную мощность подача воды составит 960 тыс. м³/сутки.

2. Снижение водопотребления в Москве: причины и последствия

Москва является одним из крупнейших мегаполисов мира, градостроительная политика которого тесно связана с изменениями, произошедшими в экономике. Так, начиная с 1990 годов, ввиду изменения приоритетов в модели экономического развития многие крупные промышленные объекты прекратили свое существование, были реструктурированы или перенесли свое производство за черту города (завод ЗИЛ, Трехгорная мануфактура, завод Серп и Молот и т.д). На высвобождающихся территориях строятся объекты жилой инфраструктуры, офисно-деловые центры, ритейл-объекты, расход воды которых существенно ниже, чем у промышленных предприятий.

Кроме того, ввиду активной политики, направленной на повышение осведомленности потребителей в части водосбережения, установки поквартирных приборов учета воды, а также использования современной бытовой техники и сантехники, в Москве наблюдается снижение удельного водопотребления, которое составляет около 200 л/сутки на человека (в том числе 141 л/сутки в жилом секторе). При этом следует отметить, что при проектировании водопроводных коммуникаций для новых микрорайонов проектными организациями используется величина удельного водопотребления, указанная в нормативных документах [1] 220-280 л/сутки на человека.

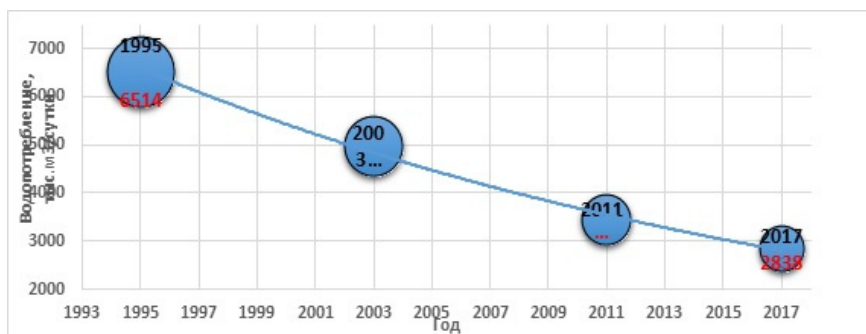


Рис. 3. Динамика снижения общего водопотребления в Москве.

Результатом реализации новых концепций стало ежегодное снижение водопотребления, которое отмечается с 1995 г. и по настоящее время. Так,

среднесуточное водопотребление в 1995 году составило 6514 тыс.м³/сутки, а по состоянию на 2017 год (10 месяцев) его величина уменьшилась до 2838 тыс. м³/сутки.

Таблица 2

Водопотребление Москвы за 2017 год (за 10 месяцев).

Среднесуточное водопотребление тыс.м ³ /сут	Минимальное водопотребление тыс.м ³ /сут	Максимальное водопотребление тыс.м ³ /сут
2838	2314 (5 августа – сезон отпусков)	3165 (православный праздник «Чистый четверг»)

Водопроводная сеть Москвы выполняет одновременно две функции – обеспечение хозяйственно-питьевых нужд и нужд пожаротушения. За последние годы в городе появились объекты, имеющие высокую норму расхода воды для внутреннего пожаротушения, например, это жилой комплекс «Триумф Палас» – 180 л/с, Лефортовский тоннель – 320 л/с и др. Увеличилось количество жилых домов с подземными гаражами, где на спринклерную систему пожаротушения требуется от 40 до 70 л/с воды. С учетом обеспечения заявленных норм пожаротушения проектируются и строятся трубопроводы минимального диаметра 300 мм, которые в режиме среднего и минимального часового водопотребления работают с очень низкими скоростями – 0,1-0,5 м/с.

Снижение величины удельного водопотребления, строительство трубопроводов с учетом пропуска значительного противопожарного расхода в условиях сохранения динамики снижения общего водопотребления привели к следующим негативным последствиям:

- низкие скорости движения воды в водопроводе как на больших, так и на малых диаметрах,
- повышение давления в распределительной сети города, что связано с уменьшением потерь напора особенно в ночные часы, и как следствие, возникновение объективных трудностей поддержания заданных параметров существующими насосными агрегатами,
- интенсификация процессов осаждения в трубопроводах,
- снижение концентрации остаточного хлора при транспортировке.

3. Мероприятия по увеличению скоростей и сохранению качества воды в водопроводе.

По результатам гидравлических измерений, проводимых специалистами АО «Мосводоканал», было установлено, что часть трубопроводов с диаметром более 600 мм работает со скоростью менее 0,4 м/с. Средняя скорость в водоводах и магистралях составляет 0,7–1 м/с, что существенно ниже в сравнении со средней экономической скоростью для больших диаметров 1–1,5 м/с. Особенно это касается центральной части города, которая в большей степени была освобождена от промышленных объектов.

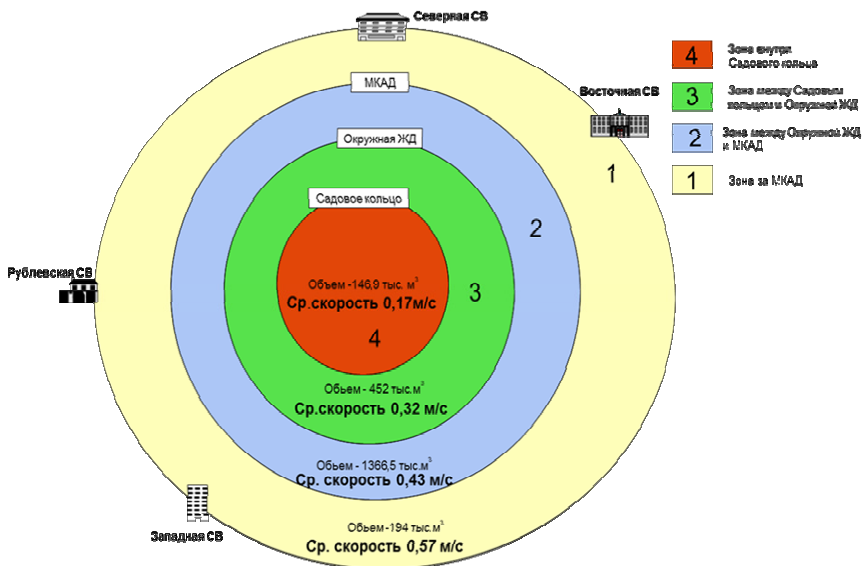


Рис. 4. Территориальное распределение скоростей движения воды в Москве.

Для сохранения качества воды в трубопроводах и обеспечения санитарной надежности системы водоснабжения Москвы найдены следующие технические решения:

1. Техническая политика АО «Мосводоканал» в части изменения диаметров трубопроводов. Принятию решения по уменьшению диаметров предшествует целая цепочка аналитической работы, включающая в себя выполнение расчетов на программном комплексе гидравлического моделирования для подтверждения пропускной способности трубопровода, оценка перспективы строительства на основании данных Комитета по архитектуре и градостроительству города Москвы, а также наличие в непосредственной близости объектов с большим внутренним пожаротушением.

2. Расширение сферы предоставления услуг по водоснабжению для городов Подмосковья, а также Троицкого и Новомосковского округов города Москвы. Интенсивная эксплуатация подземных вод на отдельных территориях Подмосковья и ТиНАО привела к формированию обширных воронок депрессии в основных эксплуатируемых водоносных горизонтах. Подобное наблюдается на территории городов Балашиха, Химки, Щелково, Мытищи, Ногинск, Люберцы, Томилино, Подольск, Раменское, Наро-Фоминск и пр. Истощение водных ресурсов, усугубляемое повышением плотности застройки, а также имеющиеся проблемы с качеством воды из подземных водоносных горизонтов требуют поиска современных альтернативных решений для водоснабжения Подмосковья. В настоящий момент специалистами Общества активно прорабатывается вопрос подачи московской воды на территории г.о. Железнодорожный, Лыткарино, Моло-

ковского и Булатниковского поселений и т.д. В плане развития инженерной инфраструктуры территорий ТиНАО успешно реализуется концепция ГУП НИиПИ Генплана Москвы, предполагающая перевод жителей Новомосковского округа на московскую воду в полном объеме, и частично Троицкого округа (населенные пункты Красная Пахра, г.о. Троицк).

3. Увеличение объемов плановых промывок водопроводной распределительной сети, работающей с малыми скоростями. Также с 2017 года в Мосводоканале успешно реализуется программа промывке водопроводных лежаков жилых домов вне границы своей эксплуатационной ответственности для повышения качества коммунальных услуг, предоставляемых потребителям. Основные методы промывки – гидропневматический и гидравлический, позволяют эффективно удалять отложения на стенках трубопроводов (гидроокись железа III, соли кальция и железа, механические примеси такие как песок, ил, глинистые частицы). Объем трубопроводов, подлежащих промывке, в 2017 году составил около 350 км (при общей протяженности водопроводной сети 12 тыс. км), с каждым годом эта величина планомерно наращивается. Для упрощения процедуры промывки при выдаче технических условий или на стадии согласования схем водоснабжения микрорайонов, в которых расчетные скорости воды заведомо низкие в режиме минимального и среднего часового водопотребления, предусматриваются специальные катушки с устройством выпуска промывной воды в водосток непосредственно из распределительной сети.

4. Мероприятия по снижению избыточных напоров в водопроводе.

Согласно требованиям нормативных документов [1] свободный напор в наружной сети хозяйственно-питьевого водопровода у потребителей должен быть не менее 10 м и не более 60 м.

Рельеф города Москвы достаточно сложный и характеризуется значительным перепадом геодезических отметок (от 115 м в поймах Москва-реки до 255 м в районе Теплостанской возвышенности).

Для обеспечения свободных напоров у потребителей не более 60 м в условиях снижения водопотребления, а также с учетом рельефа местности, повсеместно применяются зонирование системы водоснабжения, а также установка сетевых регуляторов давления «после себя».

Снижение избыточных напоров в зонах регулирования позволяет уменьшить статическую и динамическую нагрузки на распределительную сеть и, как следствие, сократить число повреждений и потери воды при подаче ее потребителю.

Первая экспериментальная работа в городе по регулированию сетевого давления при помощи регуляторов была выполнена в 1999 году. К настоящему времени в Москве действует более 22 зон регулирования сетевого давления, некоторые из которых включают в себя несколько муниципальных районов.

При проектировании новых зон сетевого регулирования детально изучается рельеф территории, водопотребление зоны, а в эксплуатирую-

щих организациях уточняется состав и наличие насосного оборудования в ИТП и ЦТП. После сбора информации определяются места размещения регуляторов давления на водопроводных сетях от основных питающих магистралей, а также назначается расчётный пьезометрический напор после регулирования.

Для определения диаметра регулятора давления рассчитывается коэффициент пропускной способности – K_v .

$$K_v = \frac{Q}{\sqrt{\Delta p_{\text{регулятора}}}}$$

где: Δp – перепад давления на регуляторе, бар; Q – расход воды в м³/ч.

Условный диаметр регулятора или запорно-регулирующего клапана определяется по требуемой величине K_{vu} , которая находится из условия:

$$K_{vu} \geq 1,2 K_v$$

По величине K_{vu} по опросным листам от производителей и техническим данным на регуляторы подбирается необходимый диаметр.

С недавнего времени по ряду зон применена инновационная технология, предполагающая оснащение пилотного клапана регулятора системой телеуправления и позволяющая изменить параметры настройки регуляторов из Центрального диспетчерского управления (ЦДУ). Для мониторинга состояния зоны сетевого регулирования гидравлические параметры зоны (давление до и после регулятора, расход, степень открытия РД, а также давление в диктующей точке) выведены в ЦДУ на специальную мнемосхему. При отклонении указанных параметров от заданного в настройках оптимального диапазона работы (уставок) срабатывает аварийно-предупредительная сигнализация. Данная система повысила оперативность реагирования служб Общества при выходе из строя системы регулирования, а также позволила оптимизировать работу специалистов, ответственных за техническое обслуживание регуляторов давления.

5. Контроль качества воды.

Контроль качества воды в системе централизованного водоснабжения Москвы осуществляется круглосуточно по всему пути движения воды от верховий источников до кранов потребителей.

С точки зрения сохранения качества воды водопроводная распределительная сеть является наиболее уязвимым звеном в системе подачи и распределения воды. Поэтому для оценки качества водопроводной воды производится отбор проб в более чем 250 стационарных точках по территории всего города (ЦТП, больницы, школы и т.д.). В качестве дополнительных мероприятий в условиях снижения скоростей с повышением температуры воды в летний период проводится усиленный контроль качества питьевой воды с введением дополнительных точек контроля остаточного хлора.

Лабораторный контроль осуществляют аккредитованные лаборатории Центра контроля качества воды Общества, а также специализированные лаборатории, такие, как аналитический центр «РОСА».

Помимо лабораторного контроля в Обществе действует система автоматического мониторинга качества воды с передачей показаний в единую базу данных. Для получения объективной информации в режиме реального времени на выходе со станций водоподготовки, а также в городе установлено более 500 приборов автоматического контроля, что позволяет реагировать на изменение параметров качества воды и проводить необходимые мероприятия для сохранения качества воды в процессе транспортировки.



Рис. 5. Система автоматического контроля качества воды на распределительной сети, установленная в одном из зданий Москвы и позволяющая оценить качество воды по наиболее индикаторным для потребителей показателям – это мутность и остаточный хлор.

Выводы

1. В Москве наблюдается ежегодное снижение общего и удельного водопотребления, которое составляет в настоящее время 200 л/сутки на человека. По прогнозным данным при сохранении общей динамики снижения водопотребления величина удельных норм расхода воды на человека составит 120-150 л/сутки, что приблизит город к крупнейшим мировым столицам, таким как Берлин (около 124 л/с).

2. Для обеспечения свободных напоров у потребителей не более 60 м согласно СП 31.13330.2012 в условиях снижения водопотребления, а также

с учетом рельефа местности, применяется сетевое регулирование давления. К настоящему времени в Москве действует более 22 зон регулирования.

3. По результатам выполняемого мониторинга качество воды в распределительной сети полностью удовлетворяет нормативным требованиям [2]. Среднее содержание в питьевой воде по основным показателям составляет: мутность 0,3 мг/л, цветность 7 град., железо общее 0,05 мг/л, остаточный хлор 0,6 мг/л, запах 1-2 балла.

4. Проводимые АО «Мосводоканал» мероприятия, направленные на решения проблем, возникших из-за уменьшения водопотребления, позволят и в дальнейшем обеспечить потребителей качественным и бесперебойным водоснабжением.

Библиографический список

1. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84.

2. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения.

3. АО «Мосводоканал». Режим доступа: <http://www.mosvodokanal.ru/>.

4. Шушкевич Е.В., Бастрыкин Р.И., Алешина Е.В. Особенности режима работы системы подачи и распределения воды в условиях снижения водопотребления // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. №10-1.

5. Храменков С.В. Стратегия модернизации водопроводной сети – М.: ОАО «Издательство «Стройиздат», 2005.

6. Шушкевич Е.В., Бастрыкин Р.И., Бабаев А.В., Шотина К.В., Кубенко В.В. Управление качеством питьевой воды в водопроводной сети г. Москвы // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. №10.

7. Постановление Правительства Москвы от 21 сентября 2016 года №574-ПП Об утверждении схем водоснабжения и водоотведения города Москвы на период до 2025 года.

8. НПО «Аркон». Режим доступа: <http://www.arkonnpo.ru/tech-consulting.htm>.

9. Сборник Проекты развития инфраструктуры города Выпуск 7 «Технология развития городского водохозяйственного комплекса» – Сб. научных трудов – М.: Прима Пресс Экспо, 2007.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ВОДОПОДГОТОВКИ НА ОБЪЕКТАХ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ОБРАТНОГО ОСМОСА С УТИЛИЗАЦИЕЙ КОНЦЕНТРАТА

*Островский Р.В., аспирант 1-го курса ИИЭСМ
Федорова Т.А., студентка 4-го курса 2 группы ИИЭСМ
Научный руководитель – Первов А.Г., проф., д.т.н.*

С 2013 года автором (Островским Р.В.) выполнялись строительномонтажные, проектно-изыскательские и инженерно-технические работы на тепловых и атомных станциях в России (Нововоронежская АЭС, Ростовская АЭС, Кармановская ГРЭС), а также на объектах международного строительства (Тяньваньская АЭС в Китайской Народной Республике, АЭС Куданкулам в Индийской Республике, АЭС Руппур в Народной Республике Бангладеш). Систематизация опыта работы на данных станциях позволила установить, что сегодня становится чрезвычайно важно применение технологий, обеспечивающих поддержание водных режимов контуров АЭС и ТЭС и систем охлаждения, систем дезактивации, очистки сточных вод, концентрирования и утилизации загрязнений, подготовку добавочной воды для подпитки контуров.

Острой проблемой в цехах водоподготовки стоит использование большого количества реагентов для систем водоочистки. А большие объемы сбросных расходов концентратов у установок обратного осмоса ограничивает применение при создании станций очистки подземных и поверхностных вод для питьевых и технических целей. При создании систем водоснабжения ряда объектов не представляется возможным обеспечить сброс больших объемов концентратов в поверхностные водоемы или в канализационную сеть. Поэтому важной задачей для исследования в моей научной деятельности становится применение технологий обратного осмоса с уходом от реагентных методов водоочистки и от сбросов концентратов в водоемы.

Технология обратного осмоса широко применяется при создании технологических схем промышленной водоподготовки благодаря высокой эффективности очистки воды и небольшим расходам реагентов. Соответственно, целью работы ставится утилизация концентратов действующих установок обратного осмоса путем удаления из них ионов кальция и магния.

Данный вопрос изучается на кафедре водоснабжения и водоотведения в НИУ МГСУ проф. Первовым А.Г. и Андриановым А.Г. Наличие концентратов при обработке природных вод методом обратного осмоса связано с опасностью образования отложений малорастворимых солей (сульфата и карбоната кальция) на мембранах. Представляет интерес новый способ утилизации концентратов существующих установок обратного осмоса, обработанного ингибитором осадкообразования. Присутствие в концентрате обратнoсмотических установок ингибиторов, предотвращает выпадение на мембранах осадков малорастворимых солей [1-7].

Основные принципы разработанной технологии «утилизации» концентрата представлены на рис. 1. Здесь изображен канал аппарата новой конструкции, образованный двумя мембранами с помещенными между ними упругими шариками из полистирола, по которому проходит поток концентрата с находящимися в нем «затравочными» кристаллами во взвешенном состоянии. Кристаллы «затравки» представляют собой кристаллы карбоната кальция, образованные путем добавления раствора едкого натра в концентрат установки обратного осмоса. После того, как кристаллы «затравки» добавляются в бак исходной воды (1), исходная вода насосом (2) подается в мембранный аппарат (3). Фильтрат мембранного аппарата собирается в бак фильтрата (5), а концентрат возвращается обратно в бак (1).

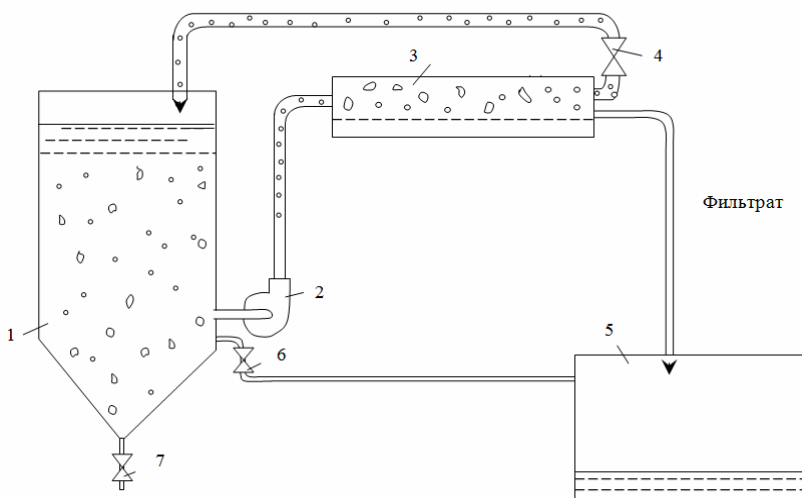


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для удаления карбоната кальция из концентрата путем его кристаллизации на «затравке». Показана циркуляция «затравки» в установке при концентрировании исходной воды (начало процесса): 1 – бак исходной воды; 2 – рабочий насос; 3 – мембранный аппарат с «открытым» каналом; 4 – регулирующий вентиль; 5 – бак сбора фильтрата; 6 – вентиль сброса концентрата после отстаивания; 7 – вентиль сбора осадка кристаллов «затравки».

В процессе работы установки концентрации ионов кальция и карбонат-ионов в концентрате постоянно увеличиваются. Это обеспечивает движущую силу для роста кристаллов. После того, как объем концентрата в баке исходной воды составит 1/6-1/8 часть от исходного объема исходной воды, работа установки прекращается, а кристаллы «затравки», взвешенные в концентрате, осаждаются на дне бака 1.

Концентрат в баке 1 после удаления из него кристаллов представляет собой сконцентрированную исходную воду, из которой удален карбонат кальция, и солесодержание которой снижено на величину, соответствующую удаленному карбонату кальция. Если концентрат после удаления из

него карбоната кальция смешать с фильтратом, то получится вода, соответствующая по составу исходной воде, из которой частично удалены ионы кальция и бикарбонат-ионы.

На рис. 2 показана схема лабораторной установки для экспериментов по сравнению нового ингибитора ПАСП, представляющего собой смесь натриевых солей полиаспаргиновой кислоты [2] (разработанный НЦ «Малотоннажная химия») и отечественного ингибитора марки «Аминат – К» производства НПФ «Траверс».

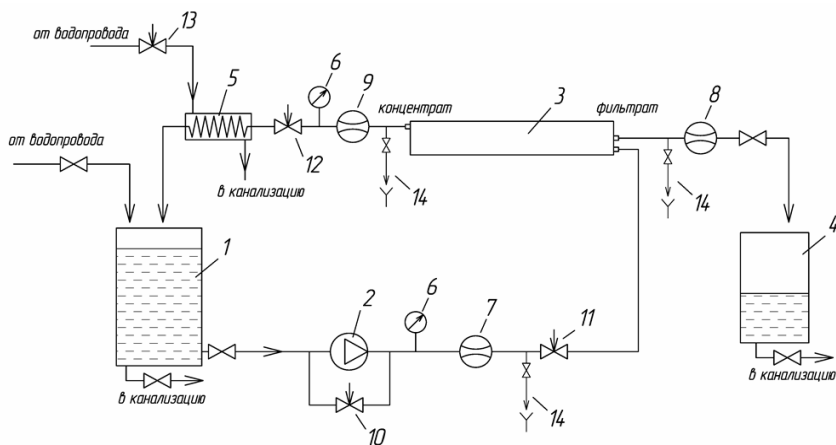


Рис. 2. Схема лабораторной установки:

1 – бак исходного раствора; 2 – насос высокого давления; 3 – рулонный мембранный элемент в корпусе; 4 – бак сбора фильтрата; 5 – теплообменник; 6 – манометры; 7 – ротаметр исходной воды; 8 – ротаметр фильтрата; 9 – ротаметр концентрата; 10 – регулирующий вентиль на байпасе насоса; 11 – регулирующий вентиль на линии исходной воды; 12 – регулирующий вентиль на линии концентрата; 13 – регулирующий вентиль на линии охлаждающей воды; 14 – пробоотборники.

Для проведения исследований использовалась экспериментальная установка, схема которой показана на рис. 2 в соответствии со схемой эксперимента, описанной на рис. 1. Исходная вода (вода московского водопровода) помещалась в бак исходной воды 1 объемом 60 л, откуда насосом 2 подавалась в аппарат 3, в котором находился рулонный элемент с низконапорными обратноосмотическими мембранами.

Рабочее давление составляло 6 бар. В обратноосмотическом аппарате вода разделялась на фильтрат и концентрат; фильтрат направляется в емкость 4, а концентрат возвращается в бак 1. В процессе эксперимента исходная вода концентрируется в 5–6 раз по объему. Добавление 300 и 400 миллиграмм-эквивалентов карбоната кальция в исходную воду существенно увеличивает скорость образования карбоната кальция (рис. 3). Химические составы исходной водопроводной воды и концентратов на различных стадиях обработки представлены ниже в табл. 1.

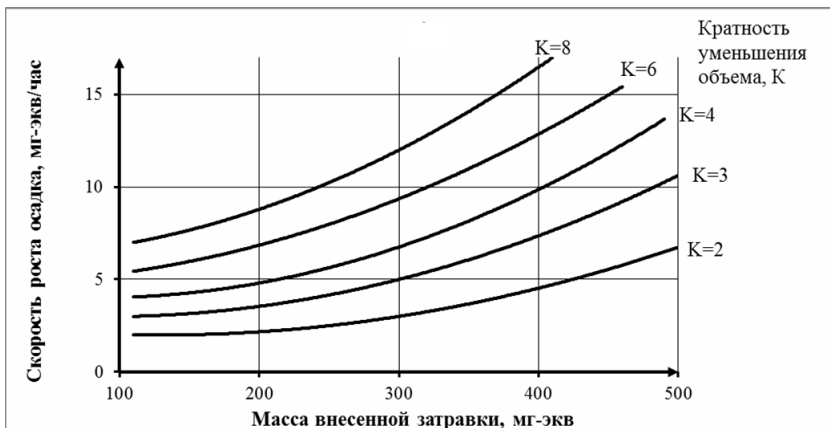


Рис. 3. Зависимости значений скоростей роста карбоната кальция от количества добавленной «затравки» для различных значений K, доза ингибитора ПАСП – 10 мг/л

Таблица 1

Пример химического состава воды московского водопровода, фильтрата, концентрата после обработки с помощью «затравки», смесей фильтрата и концентрата в различных соотношениях.

№	Показатель	Ед. изм.	Исходная вода	Концентрат после обработки на «затравке»	Фильтрат	Результаты смешивания концентрата и фильтрата в различных соотношениях		
						1 : 1 (90% : 10%)	0,2 : 1 (20% : 10%)	0,1 : 1 (10% : 10%)
1	Жесткость	мг-экв/л	3,2	9,7	0,12	0,99	3,25	4,9
2	Ca	мг-экв/л	2,3	7	0,05	0,7	0,25	3,5
3	Mg	мг-экв/л	0,9	2,7	0,04	0,27	0,9	1,35
4	Na + K	мг-экв/л	1	9,9	0,1	1	3,4	5
5	Щелочность	мг-экв/л	2,9	9,08	0,1	0,9	3,03	5,1
6	Cl	мг-экв/л	1	9,3	0,07	0,94	3,2	4,7
7	SO ₄	мг-экв/л	0,3	2,9	0,02	0,3	0,95	1,46
8	pH	-	8,48	8,5	7,1	-	-	-
9	S	мг/л	260	1492	18	151	497	756
10	Расход	%	100	10	90	100	60	20

Таким образом, с применением разработанной технологии из воды с повышенной жесткостью можно получить умягченную воду с уменьшенными значениями щелочности и солесодержания. При этом не требуется реагентов, и установка не расходует воду на собственные нужды. Подводя итог, можно сказать, что использование обратноосмотических установок и уход от концентратов позволяет проводить в цехах водоподготовки разделение использованной воды на: воду для котлов, реакторов и парогенераторов; умягченную воду; а также шламовый осадок [2, 6, 7].

Выводы

1. Для утилизации концентрата обратноосмотических установок, работающих в настоящее время на объектах атомной и тепловой энергетики, предложена новая разработанная авторами технология обработки его на «затравке» с целью удаления карбоната кальция.

2. Исследования по изучению кристаллизации карбоната кальция на затравочных кристаллах, взвешенных в потоке концентрата обратноосмотической установки, показали, что на скорость кристаллизации влияют количество введенных кристаллов и выход фильтрата. Присутствие ингибирующих веществ в концентрате установок обратного осмоса замедляет скорость кристаллизации карбоната кальция «на затравке». Для увеличения скорости кристаллизации карбоната кальция доза вводимой «затравки» может быть увеличена в 2-3 раза.

3. На основе полученных экспериментально данных получены расчетные зависимости, позволяющие определять оптимальные для каждого случая величины выхода фильтрата и дозы «затравки», обеспечивающие наиболее эффективное удаление карбоната кальция из концентрата.

4. Предложена технология утилизации концентрата установок обратного осмоса, работающих на объектах теплоэнергетики. Концентрат проходит обработку на специальной установке обратного осмоса, использующей мембранные аппараты с «открытым» каналом, что позволяет подавать в мембранные каналы кристаллы «затравки» и поддерживать высокую величину выхода фильтрата. Умягченный концентрат может смешиваться с исходной водой для получения технической воды, используемой для подпитки теплосетей или оборотных систем охлаждения.

5. В связи с этим является актуальным изучение технико-экономической эффективности и надежности систем водного хозяйства промышленных комплексов тепловых и атомных электростанций, оптимизация проектных решений строительства новых, технического перевооружения и реконструкции существующих систем, оптимизация режима работы систем и их отдельных элементов в соответствии с фактическими режимами водопотребления и поступления отработанной воды.

Библиографический список

1. Первов А.Г., Андрианов А.П., Горбунова Т.П., Спицов Д.В., Юрчевский Е.Б. Удаление карбоната кальция из концентрата обратноосмотических установок путем кристаллизации на «затравке» // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 5. С. 29-38.

2. Первов А.Г., Андрианов А.П., Ефремов Р.В., Рудакова Г.Я. Изучение эффективности новых типов ингибиторов для предотвращения образования карбонатных осадков в установках обратного осмоса и определение их технических характеристик. // Сборник докладов VI научно-практической конференции «Современные методы водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования». 28-29 октября 2015 г., г. Москва, «Экспоцентр», выставка «Химия – 2015», с. 42.

3. Первов А.Г., Андрианов А.П., Юрчевский Е.Б. Совершенствование конструкций мембранных аппаратов // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. № 7. С. 62-68.

4. Первов А.Г., Рудакова Г.Я., Ефремов Р.В. Разработка программ для технологического расчета систем обратного осмоса и нанофильтрации с использованием реагентов «Аминат» // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. № 7. С. 21-28.

5. Reitz L. Development of a broad-spectrum antiscalant for reverse osmosis system: 12-th Annual Conference on Water Supply Improvement Association, Orlando, Fla., 1984, May 13–18. Tech. Proceedings. V. 1: Sess. 1–6.

6. Первов А. Г., Андрианов А. П., Горбунова Т. П., Юрчевский Е. Б. Технология утилизации концентрата установок обратного осмоса в системах водоподготовки // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 8. С. 20-26.

7. Первов А. Г., Ефремов Р. В., Спицов Д. В., Андрианов А. П., Горбунова Т. П. Мембранные методы в питьевом водоснабжении: подбор мембран, прогноз качества воды, утилизация концентрата // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 6. С. 15-21.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

*Сашин А.Е., студент 2-го курса магистратуры 3 группы ИИЭСМ
Научный руководитель – Алексеев С.Е., доц., к.т.н.*

Насосные станции систем водоотведения представляют собой целый комплекс оборудования и сооружений, который обеспечивает отвод сточных вод от промышленных предприятий, жилых домов и населенных пунктов. Потребность в установке такой станции возникает в случаях, если транспортировка сточных вод самотеком по каким-либо причинам невозможна.

Схематично канализационные насосные станции (КНС) выглядят как приемный резервуар с машинным отделением, в котором установлены насосы. Наличие на самотечных коллекторах насосных станций исключает необходимость глубокого прокладывания труб и канализационных колодцев.

Насосы на КНС являются самым дорогим и энергоёмким оборудованием. Одной из ключевых задач при проектировании новых и реконструкции существующих КНС является снижение потребления энергии.

Подбор насосов

В первую очередь экономия средств возможна за счет правильного подбора насосов КНС. На рис. 1 и 2 изображены графики работы насосов. При одинаковых параметрах Q и H , видно, что в первом случае точка требуемого расхода и напора находится ближе к рабочей точке, тогда как во втором случае, насос был подобран с большим запасом по расходу перекачиваемой жидкости и большему напору, что увеличит количество включений насосного агрегата и, как следствие, сократит срок его службы.

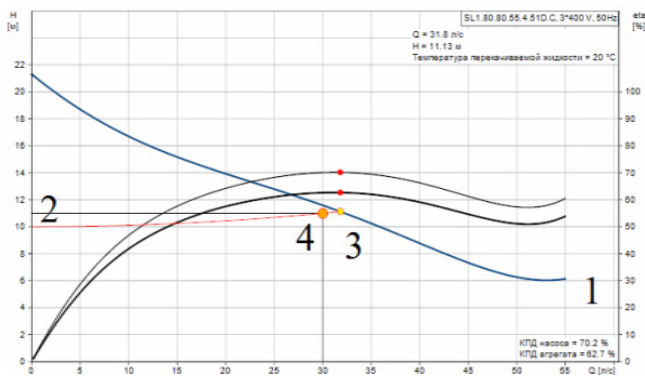


Рис. 1. График совместной работы насоса и сети:

1 – график работы насоса; 2 – график работы сети; 3 – рабочая точка; 4 – точка требуемого расхода и напора.

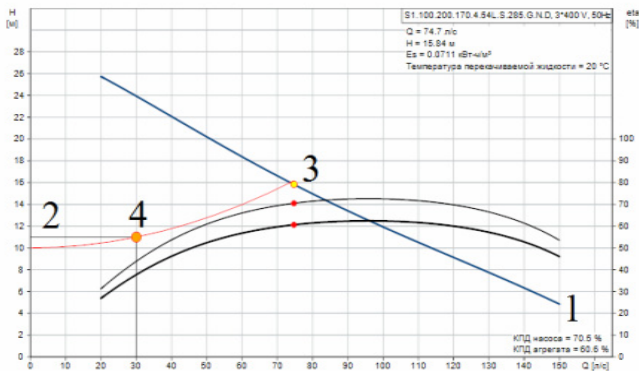


Рис. 2. График совместной работы насоса и сети:

1 – график работы насоса; 2 – график работы сети; 3 - рабочая точка; 4 – точка требуемого расхода и напора.

Регулирование частоты вращения электродвигателей

В насосных установках используются преимущественно двигатели переменного тока. Частота вращения электродвигателя переменного тока зависит от частоты питающего тока f , числа пар полюсов p и скольжения s . Изменив один или несколько из этих параметров можно изменить частоту вращения электродвигателя и сочлененного с ним насоса.

Основным элементом частотного электропривода является частотный преобразователь. В преобразователе постоянная частота питающей сети f_1 преобразуется в переменную f_2 . Пропорционально частоте f_2 изменяется частота вращения электродвигателя, подключенного к выходу преобразователя.

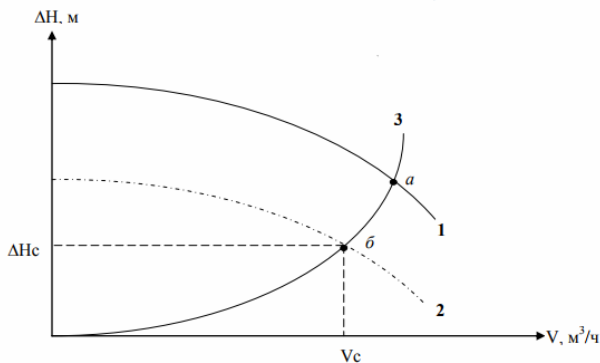


Рис. 3. Регулирование изменением частоты вращения:

1 – характеристика насоса при номинальной частоте; 2 – характеристика насоса при пониженной частоте; 3 – характеристика сети.

С помощью частотного преобразователя практически неизменные сетевые параметры напряжение U_1 и частота f_1 преобразуются в изменяемые параметры U_2 и f_2 , требуемые для системы управления [4].

Как следует из рис. 3, без учета регулирования режим работы сети и насоса соответствует точке а и расход воды больше требуемого значения V_c . Использование частотного регулятора обеспечивает такое изменение характеристики насоса, при котором ее пересечение с характеристикой сети соответствует точке б, в которой расход воды в системе соответствует требуемому. При этом точка б принадлежит новой характеристике насоса (характеристике при сниженной частоте) и потери мощности на регулирование при этом практически отсутствуют.

Эффективность применения частотно-регулируемого электропривода в насосных установках

Применение частотно-регулируемого привода позволяет существенно экономить электроэнергию, т. к. дает возможность использовать крупные насосные агрегаты в режиме малых подач. Благодаря этому можно, увеличив единичную мощность агрегатов, уменьшить их общее число и, следовательно, уменьшить габаритные размеры зданий, упростить гидравлическую схему станции, уменьшить число трубопроводной арматуры.

В связи с этим возникают вторичные экономические эффекты: уменьшаются расходы на отопление, освещение и ремонт здания, приведенные затраты в зависимости от назначения станций и других конкретных условий могут быть сокращены на 20 - 50%.

Практика внедрения регулируемого электропривода в насосных установках показывает возможность экономии до 50% энергии, расходуемой на перекачку чистых и сточных вод, а сроки окупаемости составляют от трех до девяти месяцев.

Влияние характеристик электросети на работу насосных двигателей

Существует формула, отражающая взаимосвязь скорости вращения ротора и напряжения сети:

$$N = N_{\text{синхр}} \cdot (1 - K_{\text{нагр}} \cdot U_{\text{рез}} \cdot S_{\text{ном}}),$$

где: N – итоговая скорость вращения насосного электродвигателя; $N_{\text{синхр}}$ – синхронная скорость; $K_{\text{нагр}}$ – коэффициент нагрузки на электродвигатель; $U_{\text{рез}}$ – показатель, получаемый путем деления квадрата номинального напряжения на квадрат фактического напряжения; $S_{\text{ном}}$ – величина скольжения в номинале.

Таким образом, видно, что, если напряжение сети станет меньше номинального, скорость вращения также упадет, и в результате снизится и общая производительность агрегата. Следует обратить внимание, что такое заключение актуально для насосных моторов, которые работают в максимальной нагрузке. В случае если агрегат имеет «запас», то при снижении напряжения сети работа насоса почти не изменяется.

Другое отрицательное проявление уменьшения напряжения – это нагрев обмоток. Если параметр опустится ниже стандартного значения на 1%, магнитный поток сократится на 3%.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что при сохранении мощности мотора и уменьшении напряжения, потребление тока повышается. Если значение последнего перескочит расчетные параметры, произойдет нагрев обмоток, а это увеличивает амортизацию и, соответственно, сокращает срок службы. Если напряжение вышло за пределы номинальной границы, образуется «электрический пробой» изоляции катушки и, конечно же, сокращается срок эксплуатации мотора. Говоря иначе, двигатель «сгорает» [7].

Использование тепловых насосов для отопления КНС

Для экономии энергии на отоплении КНС устанавливают тепловые насосы, использующие теплоту сточных вод.

Основной принцип работы заключается в следующем: сточная вода поступает по трубкам из источника в тепловую установку, после чего взаимодействует с газом (фреоном), закипающим при температуре +2-3 градуса. Фреон поглощает часть тепла воды и всасывается компрессором, где во время сжатия его температура повышается.

Далее хладагент поступает в конденсатор, после чего горячее вещество нагревает воду до заданной температуры (от +40 до +80 градусов), которая транспортируется по трубам системы отопления. Охлажденная вода поступает в испаритель, затем сливается в приемную скважину. После прохождения конденсатора хладагент становится жидким и собирается на дне элемента, затем через дроссель возвращается в исходное место. Далее цикл повторяется.

Известен опыт применения тепловых насосов на КНС-3 в городе Набережные Челны. Помимо насосной станции обеспечить отоплением и ГВС необходимо административно-бытовой комплекс (общей площадью более 800 м²).

Температура теплоносителя в системе отопления – 60 °С, также предусмотрен дополнительный электрический нагреватель, который при необходимости позволяет догреть воду до 70 °С. Температура воды в системе ГВС установлена на уровне 45 °С.

Предположительный срок службы теплового насоса не менее 20-25 лет.

Выгоды от внедрения теплового насоса: с помощью нового оборудования расход электроэнергии уменьшился примерно в 4 раза. В 2010 г. на КНС-3 на отопление и ГВС было затрачено 244 тыс. кВт·ч электроэнергии, а после установки теплового насоса – около 56 тыс. кВт·ч в год. От общего энергопотребления насосной станции экономия составила около 20%.

Есть еще одно существенное преимущество теплового насоса – он практически не нуждается в обслуживании, следовательно, затраты на его эксплуатацию будут незначительными. По оценкам он должен окупиться за

2,5 года. Так, общий размер платежей за электроэнергию по этой станции за прошедший отопительный сезон снизился более чем на 300 тыс. руб. [6].

Выводы

1. Ключевым фактором обеспечения высокой энергоэффективности КНС является оптимальный подбор насосов с обеспечением нахождения рабочей точки в области наивысшего КПД при минимальном количестве включений. Неоптимальный подбор насосных агрегатов может приводить как к повышенному потреблению электроэнергии, так и к сокращению срока их службы;

2. Внедрение регулируемого электропривода в насосных установках позволяет экономить до 50% энергии, расходуемой на перекачку чистых и сточных вод, а сроки окупаемости оборудования составляют от трех до девяти месяцев.

3. Решение задачи недопущения снижения напряжения питания от номинального предотвращает перегрев обмоток электродвигателей насосов и сокращение тем самым срока службы.

4. Внедрение теплового насоса на канализационной насосной станции позволяет уменьшить расход электроэнергии на отопление примерно в 3,5...4 раза, что может составлять до 30% экономии от общего электропотребления на небольших КНС.

Библиографический список

1. Байбаков С.А., Шакирова Е.А. Регулирование насосно-перекачивающих станций тепловых сетей и составление режимных карт // Энергетик. 2009. №8.

2. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходувных установках. – М.: Энергоатомиздат, 2006.

3. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. – М.: Стройиздат, 1986.

4. Школа для электрика [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://electricalschool.info/elprivod/1529-chastotno-reguliruemuyj-jelektroprivod.html>

5. Лезнов Б.С. Методика оценки эффективности применения регулируемого электропривода в водопроводных и канализационных насосных установках. – М.: Машиностроение, 2011. 172 с.

6. Журнал «Энергосовет» № 1 (26) за 2013 г.

7. Сайт ООО «Дальэнергооборудование» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://deodv.ru/stati/article_post/kak-elektroset-vliyaet-na-rabotu-nasosnyh-dvigatelay.

8. Рекомендации по применению регулируемого электропривода в системах автоматического управления водопроводных и канализационных насосных установок. Сб. научн. трудов. М.:ВНИИВОДГЕО, 1987.

9. Лезнов Б.С., Воробьева Н.П. Снижение материалоемкости и стоимости насосных станций // Водоснабжение и санитарная техника. 1988, №1.

ОЧИСТКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВУЮЩИХ СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ

Семеновых В.А., аспирант 2-го курса 10 группы ИИЭСМ

Капдун Р.В., студент 2-го курса магистратуры 4 группы ИИЭСМ

Научный руководитель – Говорова Ж.М., проф., д.т.н.

Одним из распространенных методов очистки подземных вод, применяемых на станциях обезжелезивания, является фильтрование через инертные загрузки с упрощенной аэрацией воды изливом в карман фильтров [1]. Метод имеет ограниченную область применения, в том числе и в случае присутствия в воде комплексных соединений железа.

По данным [2] железо в природных водах может окисляться как химическим, так биологическим путем в зависимости от физико-химического состава и наличия железобактерий.

Известные ученые С.Н. Виноградский и Н.Г. Холодный в своих трудах относили железобактерии к типичным хемолитоавтотрофам, использующим энергию окисления двухвалентного железа для автотрофной ассимиляции углекислоты. Существовали и другие точки зрения по данному вопросу: окисление железа является побочной функцией некоторых гетеротрофных микроорганизмов (В.О. Калининко); железобактерии не являются отдельной таксономической единицей, а к их группе также относятся и микроорганизмы, принадлежащие к другим систематическим единицам (В.В. Балашова, Г.А. Заварзин и Г.А. Дубинина) [5-9].

Жизнедеятельность железобактерий, типичных представителей подземных вод связана с наличием в них двухвалентного железа и растворенного кислорода. Железобактерии окисляют растворенное в воде двухвалентное железо, присутствующее в форме неорганических соединений или органоминеральных комплексов, например, с гуминовыми веществами, в трехвалентное железо с образованием нерастворимых веществ. Некоторые виды железобактерий при отсутствии в воде железа могут окислять Mn^{2+} .

Таблица 1

Группы железобактерий

Группа	Область существования	Представители
Ацидофильные хемолитотрофы	высокое значение Eh, низкое значение pH	<i>Thiobacillus</i>
Микроаэрофильные хемолитотрофы и органотрофы	умеренное значение Eh, нейтральное значение pH	<i>Gallionella</i> , <i>Leptothrix</i> , <i>Crenothrix</i>
Хемоорганотрофы, разрушающие железоорганические соединения	высокое значение Eh, нейтральное значение pH	<i>Arthrobacter</i>

Состояние железа и марганца в водных растворах зависит от concentra-

ции водородных ионов и растворенного кислорода. В соответствии с областью устойчивости железа (II) в системе координат Eh - pH железобактерии подразделяются на три группы [7], представленные в табл. 1. Наиболее часто в природных подземных водах, характеризующихся величиной pH, близкой к нейтральной, встречаются представители двух последних групп.

Процессы физико-химического и биологического обезжелезивания протекают одновременно, но с разной степенью эффективности. В ряде случаев, когда наличие в воде некоторых ингибиторов замедляет скорость окисления физико-химических процессов, процесс биологического обезжелезивания и деманганации может стать преобладающим.

Биологические методы возможны в условиях, где физико-химические методы не всегда применимы: концентрация растворенного кислорода 0,2-0,5 мг/дм³; pH = 7,2; окислительно-восстановительный потенциал Eh = 100-200 мВ [3, 4].

Биологическое обезжелезивание и деманганация основываются на способности бактерий различными ферментами и биополимерами окислять двухвалентное железо и марганец, причем механизмы окисления разнообразны. При этом происходят следующие процессы:

- первичное внутриклеточное энзиматическое окисление автотрофными бактериями *Gallionella*, *Leptotrix* или *Crenothrix*;
- вторичное внеклеточное окисление благодаря каталитическому действию выделяемых железобактериями полимеров, в частности: волокна, составляющие стебельки, выделяемые *Gallionella*, оболочки *Leptotrix*, внеклеточные полимеры различных *Siderocapsacees*;
- образование комплексных соединений железа.

Окисление катализируется растворенным кислородом. Образующиеся диспергированные частицы закрепляются на оболочках и мембранах бактерий и прочно срастаются с биополимерами.

На основании вышеизложенного представляло интерес проанализировать осадки промывных вод сооружений действующих станций обезжелезивания расположенных в Московской области и выявить наличие в них железобактерий, участвующих в процессах биологического окисления [10].

Фактическая производительность станций, на которых были внедрены различные безреагентные технологии:

- упрощенная аэрация изливом воды в карман фильтра и дегазация → одноступенчатое фильтрование в открытых фильтрах с песчаной загрузкой [1] – станция № 1;
- аэрация и дегазация на биореакторе со струйной вакуумной эжекцией и контактной загрузкой (БСВЭ) → фильтрование через загрузку ФПЗ-1 закрытого типа с восходящим фильтрационным потоком [11, 12] – станция № 2 составляла соответственно 3,0 и 7,0-8,0 тыс.м³/сут (рис. 1).

Скорость фильтрования воды через загрузку песчаного фильтра крупностью 0,7-1,2 мм (станция № 1) изменялась в пределах от 2,7 до 3 м/ч в отличие от скоростей фильтрования в биореакторе БСВЭ – 16-18 м/ч и фильтре ФПЗ-1 (станция № 2) – 7-8 м/ч.



Рис. 1. Сооружения станций обезжелезивания (слева направо): фильтры (станция № 1); биореактор БСВЭ и фильтр ФПЗ-1 (станция № 2)

Крупность гранул пенополистирольной загрузки биореактора составляла 2-8 мм, фильтра – 0,7-1,5 мм. Продолжительность фильтроцикла не превышала 24 часов. Промывка загрузки биореактора осуществлялась 1 раз в 3-4 суток.

Физико-химический состав подземных вод, поступающих на сооружения станций № 1 и 2, представлен в табл. 2.

Таблица 2

Физико-химический состав подземной воды

№ п/п	Показатель	Значение	
		№ 1	№ 2
1.	Температура, °С	8-10	1-10
2.	Запах, балл	2 (сер.)	2 (сер.)
3.	Мутность, ЕМФ	≤1,6	0,67-14,4
4.	Железо общее, мг/л	3,53-7,48	6,6-7,4
5.	Марганец, мг/л	0,13-0,32	0,14-0,45
6.	Окисляемость перм., мг/л	2,12-3,1	2,63-3,04
7.	Цветность, град.	3,52-14,8	8,9-12,2
8.	рН	6,88-7,3	6,72-7,23
9.	Ион аммония, мг/л	0,69-1,3	0,67-1,44
10.	Щелочность, мг-экв/л	5,0-6,5	5,1-6,5
11.	Жесткость, мг-экв/л	9-11	8,26-10
12.	Кислород	2,11-2,15	1,-1,4

Качество очищенной воды соответствовало требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 за исключением показателя жесткости.

Для изучения состава и структуры осадка трех образцов (табл. 3) на предмет наличия в нем железобактерий или выделяемых ими волоконцев, чехлов, оболочек, использовался электронный микроскоп Quanta 250 FEI).

Характеристика испытуемого образца

№ образца (№ станции)	Характеристика образца
1 (№ 1)	Осадок, выделенный из промывной воды песчаного фильтра
2.1 (№ 2)	Осадок, выделенный из промывной воды биореактора БСВЭ
2.2 (№ 2)	Осадок, выделенный из промывной воды фильтра ФПЗ-1

В осадке промывных вод независимо от технологии очистки воды преобладали преимущественно железо (34,91...59,09 %), кислород (23,50...44,96 %) и углерод (5,28...7,53 %), в меньшей степени – азот (1,05...1,95 %) и другие компоненты (табл. 4). В образце № 1 наблюдалось большее количество марганца (примерно в 3 раза), чем в образцах № 2.1 и 2.2.

Таблица 4

Состав осадка промывных вод

№ образца	Состав осадка, %								
	C	Fe	O	N	P	Si	Al	Ca	Mn
1	7,05	40,03	41,13	1,60	2,38	2,21	0,19	4,49	0,75
2.1	5,28	59,09	23,50	1,05	-	1,46	0,29	6,21	0,26
2.2	7,53	34,91	44,96	1,95	3,26	1,94	0,20	4,46	0,20

Микроскопический анализ показал, что во всех образцах осадка присутствуют типичные слизистые чехлы, покрытые гидроокисью железа, вырабатываемые нитчатными микроорганизмами *Leptothrix* (рис. 2).

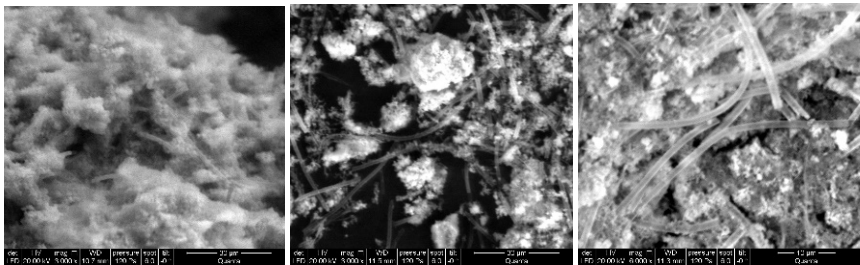


Рис. 2. Микрофотографии осадка (слева направо): образец № 1 (30 мкм); образец № 2.1 (30 мкм); образец № 2.2 (10 мкм)

В образце № 1 чехлы железобактерий были вплетены в плотный осадок, состоящий из окислов трехвалентного железа, что свидетельствовало о повышенной грязеемкости загрузки песчаного фильтра. Аналогичная картина наблюдалась и для образца № 2.2, однако при этом плотность осадка была меньше.

Образец № 2.1 характеризовался наличием отдельных крупных конгломератов помимо слизистых чехлов, что может быть объяснимо незначительным накоплением в толще пенополистирольной загрузки осадка в виду его частичного смыва под действием постоянного нисходящего потока исходной воды со скоростью 16-18 м/ч.

Для оценки эффективности биологических процессов наряду с определением представителей группы железобактерий требуется их количественный учет не только в осадке промывных вод, но и в подземной воде как поступающей на водопроводные очистные сооружения, так и в очищенной.

Библиографический список

1. Николадзе Г.И. Улучшение качества подземных вод. – М.: Стройиздат, 1987. 240 с.
2. Менча М.Н. Железобактерии в системах питьевого водоснабжения из подземных источников // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. № 7. С. 25-35.
3. Муше П., Герасимов Г.Н. Биологическая деферризация воды: обоснование и реализация // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. №11. Ч.2. С. 40-47; №12. С. 35-39.
4. Технический справочник по обработке воды DEGREMONT (2-е издание) в 2-х томах. – СПб.: Новый журнал, 2007. 1696 с.
5. Холодный Н.Г. Железобактерии. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1953. 225 с.
6. Балашова В.В. Микоплазмы и железобактерии. М.: Наука, 1974. 65с.
7. Заварзин Г.А. Литотрофные микроорганизмы. М.: Наука, 1972. 227с.
8. Дубинина Г.А. Биология железобактерий и их биохимическая деятельность: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. М., 1977. 48 с.
9. Аскерния А.А., Сорокина А. Ю., Дубинина Г. А. Микробиологические аспекты процессов обезжелезивания и деманганации природных подземных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 12. С. 14-20.
10. Говоров В.О. Худякова Д.Д., Исследование структуры и состава осадка станций обезжелезивания, реализующих безреагентные технологии. Дни студенческой науки // Сборник докладов научно-технической конференции ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». 2017. С. 128-131.
11. Пат. 2356854, РФ. МПК С 1, В 01 D 24/00. Биореактор-фильтр / Говорова Ж.М., Говоров О.Б., Журба М.Г. // Изобретения. Полезные модели. 2009. № 15.
12. Говоров О.Б., Говоров В.О. Энергоэффективная технология обезжелезивания подземной воды. Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании // Сборник материалов международной научной конференции. ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». 2017. С. 750-753.

ОПТИМИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕГУЛИРУЮЩИХ РЕЗЕРВУАРОВ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ СИСТЕМЫ НАПОРНОЙ КАНАЛИЗАЦИИ МОСКВЫ

Тен А.Э., аспирант 3-го года обучения ИИЭСМ

Научный руководитель – Примин О.Г. профессор, д.т.н.

Обеспечение бесперебойной и устойчивой работы системы водоотведения столицы России – г. Москвы во многом определяется надёжностью и техническим состоянием трубопроводной ее части. Это вызвано тем, что трубопроводы городских сетей канализации относятся не только к наиболее функционально значимым элементам системы, но и как показывает практика эксплуатации – наиболее уязвимым.

Канализационная сеть города Москвы – это система трубопроводов, коллекторов, каналов и сооружений на них, предназначенная для приёма и сбора сточных вод и передачи их на очистные сооружения. Сетевое хозяйство включает трубопроводы диаметром от 125 до 600 мм, каналы и коллекторы – от 700 до 4500 мм. Транспортировка сточных вод осуществляется по самотёчным и напорным сетям, общая протяжённость которых на сегодняшний день составляет 7 916 км, в т.ч. самотёчной – 7 250 км, напорной – 666 км [1].

Канализационные насосные станции (КНС) системы водоотведения г. Москвы относятся к первой категории надёжности, при которой должна обеспечиваться 100 %-я подача расчётного расхода, (в том числе и в случае возникновения отказа (аварии) на напорных трубопроводах (НТ) [2].

Обеспечение этого требования должно предотвратить снижение пропускной способности НТ и существенно снизить риск сброса неочищенных сточных вод в водоёмы или на поверхность земли при возможных отказах и авариях в системе водоотведения.

Исследование технического состояния и надёжности напорных и самотёчных трубопроводов системы канализации Москвы, анализ факторов и дефектов, дестабилизирующих функционирование канализационной сети, позволили выявить ряд проблем и узких мест, которые влияют на уровень надёжности водоотведения и обусловлены следующими факторами [3, 4]:

1. В период интенсивного развития системы канализации Москвы недостаточное внимание уделялось реконструкции существующих сооружений. Кроме того, в течение многих десятилетий сети создавались с изначальной экономией материалов, что сказывалось на качестве строительства.

2. Более 1000 км канализационных сетей города построены до Великой Отечественной войны, а 200 км, проложенных в центральной части города, построены ещё в прошлом веке, находятся в настоящее время в ветхом состоянии.

3. К настоящему моменту около 5700 км канализационных трубопроводов достигли предельного износа, что составляет 72 % от общей протяжённости водоотводящей сети города.

Учитывая это, особое внимание в последние годы в Мосводоканале уделяется реконструкции и модернизации сети. К настоящему времени более 70% КНС модернизировано. Исследования показали, что временное резервирование является одним из наиболее эффективных методов обеспечения надёжности и экологической безопасности системы КНС-НТ. В соответствии с существующей терминологией, временное резервирование – это «резервирование», предусматривающее использование избыточного времени» [5].

Применительно к системам водоотведения под избыточным временем может пониматься время, в течение которого сточная жидкость может накапливаться в регулирующем резервуаре при канализационной насосной станции. Этого времени должно быть достаточно для устранения аварии на напорных трубопроводах. В статье рассматривается именно этот способ резервирования для повышения надёжности и экологической безопасности напорной канализации города Москвы – использование регулирующих резервуаров. Регулирующие резервуары (РР) служат для приёма и накопления сточных вод от напорных трубопроводов КНС в период их наибольшего поступления для того, чтобы снизить нагрузку на очистные сооружения канализации, на напорные и самотёчные коммуникации системы водоотведения, а также для выполнения ремонтных работ на напорных водоводах.

Идея создания РР зародилась в 90-е г.г. прошлого века в условиях роста водопотребления в г. Москве и, соответственно, увеличения стока загрязнённых вод. Для пропуска увеличенного стока требовалось создание новых сооружений: напорных водоводов, самотёчных коллекторов и прочее. Создание РР в тех условиях позволяло сгладить суточные колебания графика притока сточных вод и уменьшить затраты на строительство новых сооружений.

В современных условиях, характеризующихся снижением водопотребления в городе Москве и, соответственно, снижением перекачки сточных вод канализационными станциями города регулирующая роль РР снизилась. Но в этих условиях значительно возрастает роль резервуаров как аварийных ёмкостей, способных повысить надёжность системы водоотведения города Москвы и её экологическую безопасность.

На рис. 1 представлена схема функционирования РР, состоящая из коллектора (канала), подводящего сточные воды к КНС, КНС, напорного трубопровода от КНС и регулирующей ёмкости (в данном примере аварийно-регулирующим резервуаром (АРР) в силу его двойной функциональной нагрузки), располагаемой после КНС.

Регулирующий резервуар выполняет две основные функции:

- приём сточных вод в случае кратковременного отключения электроэнергии к КНС и аварии на её напорных трубопроводах;
- усреднение перекачиваемой КНС сточной воды – в часы максимального притока часть сточной воды закачивается в резервуар, в другие часы сточная вода из него сливается в подводящий трубопровод сточной воды к КНС.

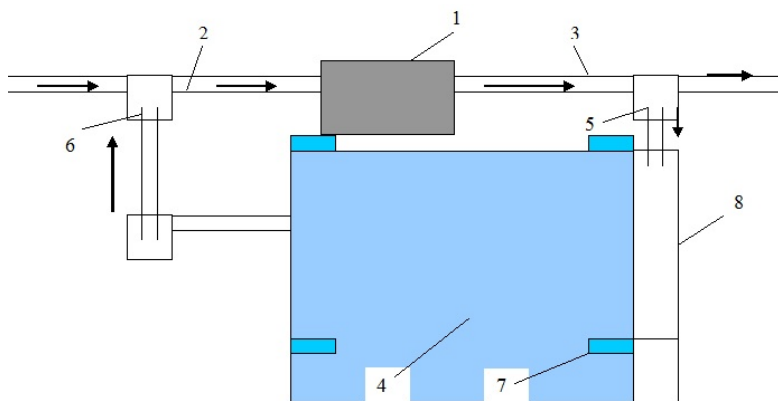


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема использования регулирующего резервуара в системе напорной канализации города:

1 – канализационная насосная станция, 2 – подводящий к насосной станции канал (коллектор), 3 – напорный трубопровод от насосной станции, 4 – регулирующий резервуар, 5 – трубопровод, соединяющий напорный водовод с резервуаром, 6 – трубопровод, соединяющий резервуар с подводящим каналом, 7 – фильтры-поглотители, 8 – галерея задвижек)

Первый регулирующий резервуар в г. Москве начал работу в декабре 1996 года на КНС «Крылатское». В настоящее время 14 канализационных насосных станций (КНС) г. Москвы имеют в своём составе регулирующие резервуары. Общий объём секций РР, заполняемых от напорных водоводов, составляет ≈ 300 тыс. м³, что соответствует в среднем $\approx 20\%$ среднесуточной производительности рассматриваемых 14-ти КНС.

Объём ряда РР может быть частично заполнен от подводящих водоводов. Заполнение РР от подводящих водоводов осуществляется самотёком через трубопроводы, используемые в штатном режиме для опорожнения (рис. 2.).

Поэтому АРР заполняются не полностью, а частично, и составляют ≈ 91700 тыс. м³, что соответствует в среднем $\approx 6\%$ среднесуточной производительности 14-ти КНС, оснащённых РР.

Исследования показали, что в современных условиях, характеризующихся снижением водопотребления в городе Москве и, соответственно, снижением перекачки сточных вод канализационными станциями города Москвы, регулирующая роль АРР снизилась.

За 2008-2014 гг., то есть в период наибольшего снижения перекачки сточных вод в г. Москве, существенно уменьшилось количество рабочих циклов использования РР и среднесуточный объём перекачиваемой сточной жидкости.

Практика эксплуатации показывает, что одной из основных причин аварий в системах водоотведения, является исчезновение внешнего энергоснабжения, в результате которого возникают аварии непосредственно на

насосных станциях. Такие аварии неоднократно происходят в системах водоотведения городов России и в московской канализации тоже. В этих условиях существующие регулирующие резервуары при КНС оказываются неэффективными.

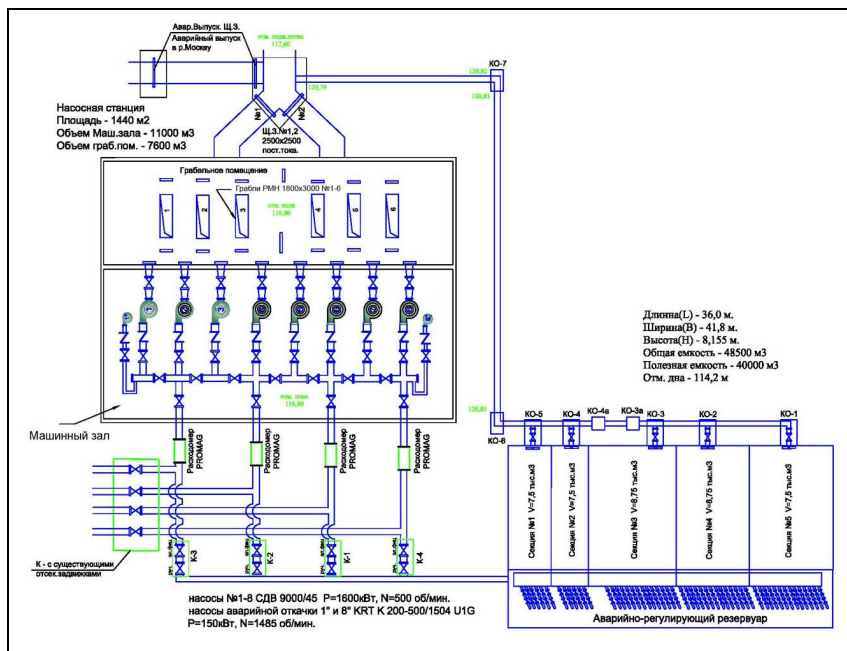


Рис. 2. Филёвская КНС с РР.

Технологическая схема РР и их конструкция такова, что они не могут предотвратить аварии из-за отключения электропитания КНС, главным образом потому, что для заполнения регулирующего резервуара необходима работа основных насосных агрегатов. Мало того, они не могут снизить ущерб от такого рода аварии. Основной причиной ограниченной эффективности существующих регулирующих резервуаров является способ их заполнения – от напорных водоводов.

Для наполнения РР необходимо наличие работоспособных основных агрегатов КНС. Кроме того, как будет показано ниже, наполнение РР от основных агрегатов КНС весьма неэкономично. РР расположены на сравнительно низких геодезических отметках по отношению к уровню стоков в приёмных резервуарах, а заполнение их осуществляется при достаточно высоких напорах, развиваемых основными насосными агрегатами КНС.

В этой связи нами сделан вывод, что повысить надёжность работы системы КНС-НТ можно за счёт совершенствования технологической схемы и конструкции регулирующих резервуаров. При этом будет повышена надёжность работы напорных водоводов и всей системы водоотведения в целом.

Полагаем, что повышение надёжности системы водоотведения может быть достигнуто комплексом мероприятий технологического характера, в том числе: увеличением объёма секций РР, заполняемых самотёком со стороны подводящего коллектора; использованием низконапорных насосов для заполнения РР вместо основных высоконапорных насосных агрегатов, если наполнение самотёком невозможно.

В связи с этим отметим существование в системе водоотведения г. Москвы аварийного резервуара относительно большого объёма, заполнение которого осуществляется от подводящего коллектора. Такой резервуар устроен на Строгинской КНС, его объём равен 22000 м³ (рис. 3). Среднесуточная подача Строгинской КНС равна $Q_{ср.сут.} = 60000 \div 120000$ м³/сут. Объём резервуара составляет $\approx 18,8 \div 36,6\%$ среднесуточного притока сточных вод, что позволяет прекращать работу станции на 4,5-9,0 часов без ущерба для окружающей среды. Справедливости ради следует сказать, что резервуар создавался преимущественно для приёма ливневых вод района Строгино, а не для выполнения регулирующих и аварийных функций в системе водоотведения.

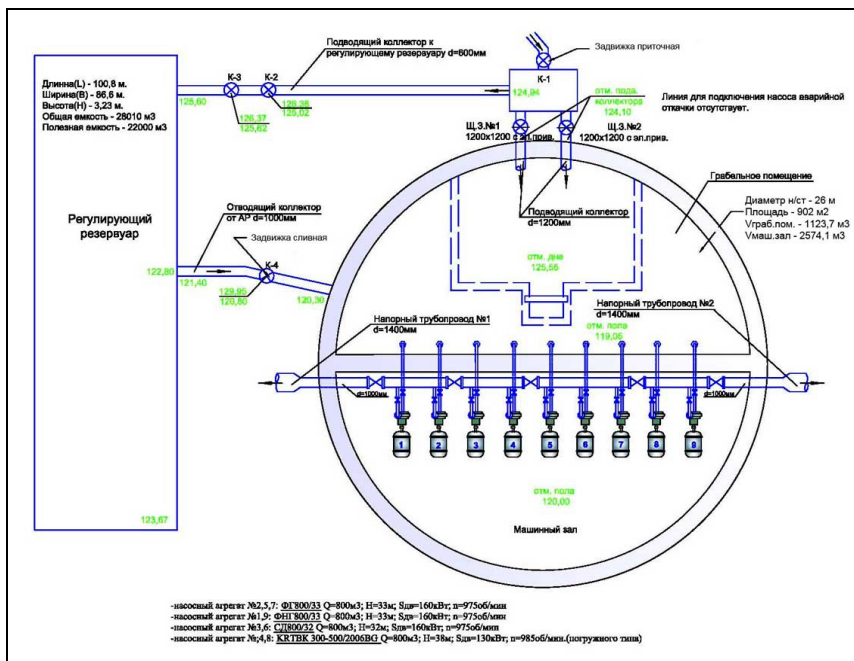


Рис. 3. Строгинская КНС с регулирующим резервуаром.

Тем не менее, резервуары такого большого объёма одновременно могут служить как в качестве аварийных ёмкостей, так и осуществлять регулировочные функции, делая ненужным оснащение КНС регулируемым электроприводом.

Использование низконапорных насосов потребует затрат меньшей мощности и, соответственно, энергии для заполнения РР.

Но дело не только в экономии энергии, использование низконапорных насосов для заполнения РР позволит использовать для их питания автономные источники энергии (передвижные или стационарные дизельные, газотурбинные, газопоршневые электростанции) сравнительно небольшой мощности.

Крупные насосные станции Москвы, оснащённые АРР, укомплектованы насосами: типа СДВ9000-45; СДВ4000-28; СДВ2700-26,5. Следовательно, вспомогательные насосы, предназначенные для заполнения АРР из подводящего водовода, должны иметь параметры: $Q = 2700 \div 9000 \text{ м}^3/\text{ч}$; $H = 5 \div 10 \text{ м}$.

Следует учесть, что затраты энергии, расходуемой на заполнение РР вспомогательными насосами, существенно меньше, чем при заполнении РР от основных насосов. Расчеты показали значительные потери энергии при заполнении РР от напорных водоводов ряда крупных КНС Москвы, табл. 1.

При заполнении АРР основными агрегатами избыточный напор для Тушинской КНС равен:

$$\Delta H = 26,5 - 6,0 \approx 20 \text{ м},$$

где $H = 26,5 \text{ м}$ – номинальный напор основных насосов; $H = 6,0 \text{ м}$ – напор вспомогательных насосов.

Потери энергии за 1 цикл заполнения АРР:

$$\Delta W = 9,81 \frac{Q_{\text{ч.ср.сут}} \Delta H}{3600 \eta_{\text{нас}} \eta_{\text{эд}}} t_{\text{зан}} = 9,81 \frac{6454 \times 20}{3600 \times 0,66 \times 0,9} 6,2 \approx 3742,6 \text{ кВт.ч / цикл},$$

где $t_{\text{зан}}$ – время заполнения резервуара, ч.; $Q_{\text{ч.ср.сут}}$ – подача насосов, соответствующая среднесуточной подаче, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Для Филёвской, Черкизовской и Люблинской КНС:

$$\Delta H = 45,0 - 6,0 \approx 39,0 \text{ м}.$$

Соответственно, потери энергии за 1 цикл заполнения АРР Филёвской КНС:

$$\Delta W = 9,81 \frac{Q_{\text{ч.ср.сут}} \Delta H}{3600 \eta_{\text{нас}} \eta_{\text{эд}}} t_{\text{зан}} = 9,81 \frac{22408 \times 39}{3600 \times 0,66 \times 0,9} 1,8 \approx 7216,5 \text{ кВт.ч / цикл}.$$

Для Черкизовской КНС потери энергии равны:

$$\Delta W = 9,81 \frac{Q_{\text{ч.ср.сут}} \Delta H}{3600 \eta_{\text{нас}} \eta_{\text{эд}}} t_{\text{зан}} = 9,81 \frac{21112 \times 39}{3600 \times 0,66 \times 0,9} 2,8 \approx 10576 \text{ кВт.ч / цикл}.$$

Для Люблинской КНС потери энергии равны:

$$\Delta W = 9,81 \frac{Q_{ном} \Delta H_{ном}}{3600 \eta_{нас} \eta_{эд}} t_{зан} = 9,81 \frac{9954 \times 39}{3600 \times 0,66 \times 0,9} 5 \approx 8905 \text{ кВт}\cdot\text{ч} / \text{цикл}.$$

Результаты расчёта представлены в табл. 1.

Таблица 1

Потери энергии при заполнении регулирующего резервуара от напорных водоводов

Наименование КНС	Среднесуточная подача $Q_{ср.сут}$, м ³ /сут	Избыточный напор ΔH , м	Время заполнения РР за цикл, ч	Потери энергии за 1 цикл заполнения, кВт·ч
Тушинская	154 900	20	6,2	3 742,6
Филёвская	537 800	39	1,8	7 216,5
Черкизовская	506 700	39	2,8	10 576,0
Люблинская	238 900	39	5,0	8 905,0

В результате модернизации РР интенсивность их использования будет повышена как минимум до одного-двух циклов в неделю, тогда среднее количество рабочих циклов составит 52÷104 в год. При этих условиях годовая экономия энергии по 4-м наиболее крупным КНС, оснащённым АРР, составит:

$$\Delta W_{\Sigma} = 52 (3742,6 + 7216,5 + 10576 + 8905) = 1582885,2 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{год}.$$

$$\Delta W_{\Sigma} = 104 (3742,6 + 7216,5 + 10576 + 8905) = 3165770,4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{год}.$$

То есть будет сэкономлено порядка 1,5÷3,0 млн. кВт·ч/год

Выводы:

1. Интенсивность использования РР в системе водоотведения г.Москвы в настоящее время крайне низкая. Регулирующие возможности РР используются недостаточно. Отчасти это объясняется значительным снижением водопотребления в городе и, соответственно, существенным уменьшением притока сточных вод в систему водоотведения. По этой причине уменьшилась роль РР как регулирующих ёмкостей и, соответственно, возросла их роль как аварийных резервуаров для приёма сточных вод при остановке КНС.

2. Для полноценного использования РР в качестве аварийных резервуаров предлагается осуществлять их заполнение от подводящих водоводов. Поскольку это мероприятие связано с выполнением большого объёма

строительных работ (земляных и железобетонных), предложен вариант заполнения РР от подводящих водоводов с использованием вспомогательных насосных агрегатов, питающихся от автономного источника энергоснабжения).

3. Кроме повышения надёжности системы водоотведения города, такое мероприятие позволит сэкономить 1,5-3,0 млн. кВт·ч ежегодно.

Библиографический список

1. Примин О.Г. Орлов В.А. Надёжность коммунальных трубопроводов и планирование их восстановления // Трубопроводный транспорт (теория и практика). 2016. №2 (54). С.21-25.

2. СП 32.13330.2012. «Канализация. Наружные сети и сооружения». Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85.

3. Храменков С.В., Примин О.Г. О надёжности водонесущих трубопроводов и планировании их восстановления // Сборник материалов Международного форума по бестраншейным технологиям NO-DIG Москва, 30 мая-1 июня 2010 г.

4. Примин О.Г., Тен А.Э. Инновационные технологии бестраншейного ремонта канализационных трубопроводов // Коммунальный комплекс России. 2016. № 12. С. 4-10.

5. Примин О.Г., Пупырев Е.И. Методы повышения экологической безопасности трубопроводов канализационных сетей // Экология и промышленность России. 2013. № 3. С. 13-18.

НОВЫЙ ПОДХОД К ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ МАЛОЙ И СВЕРХМАЛОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОГО ТИПА

*Тихонов К.В., аспирант 2-го года обучения ИИЭСМ
Научный руководитель – Первов А.Г., проф., д.т.н.*

Известно, что биологическая очистка – одна из самых универсальных и распространённых технологий очистки сточных вод. Однако, несмотря на все ее неоспоримые достоинства, достижение целевых показателей очистки возможно далеко не всегда.

Технология имеет ряд существенных ограничений, таких как, отсутствие ингибирующих процесс веществ в сточной воде, температура очищаемой воды и сбалансированность биогенных загрязнений в стоке [1].

Такая ситуация зачастую создается при эксплуатации КОС в условиях Крайнего Севера, на станциях сверхмалой и малой производительности. На сегодняшний день для нужд нефтедобывающей промышленности, а также организации, занимающихся производством работ в описываемых условиях, ряд российских и зарубежных производителей предлагают линейку блочно-модульных контейнерных сооружений очистки сточных вод, в основе которых лежит биологическая очистка. Пример технологической схемы и компоновки оборудования такой установки приведен ниже на рис. 1.

Поскольку классическими средствами невозможно достичь современных норм, для достижения целевых показателей очистки на данных сооружениях применяются многочисленные способы интенсификации процесса такие как:

- блоки дозирования коагулянта и флокулянта (рис. 2);
- плавающая биологическая загрузка (рис. 3);
- погружные блоки биологической загрузки (рис. 4);
- ершовые блоки биологической загрузки (рис. 5);
- тонкослойные модули (рис. 6).

В сооружениях подобного типа в основном применяются современные схемы глубокой биологической очистки, включающие в себя анаэробные, аэробные и анатоксические зоны, нитратные и иловые рециклы, фильтры биологической доочистки и многие другие достижения современной науки.

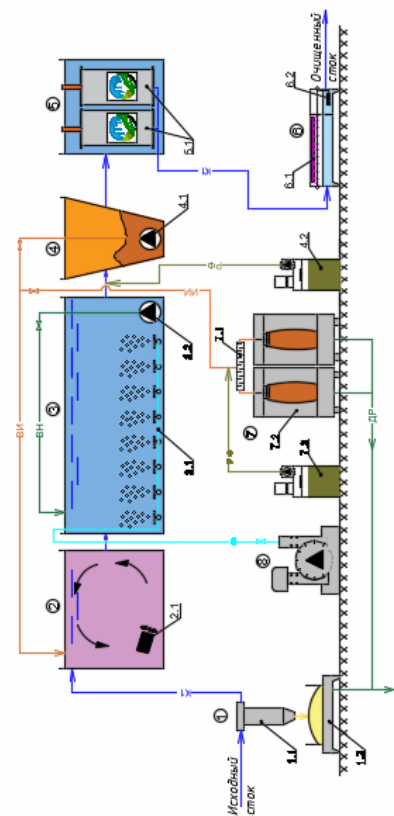
Основными преимуществами для таких станций являются их транспортные габариты, возможность быстрого монтажа, полная автоматизация работы всех технологических процессов и, конечно, стабильность работы, обеспечивающая целевые показатели очистки.

Однако, в попытке уменьшения себестоимости сооружений, объемы биологических реакторов зачастую значительно занижаются, что требует применение дополнительных методов доочистки, таких как фильтрование и сорбция, без которых достижения нормативных показателей невозможно.

В конечном итоге сооружения представляют собой высокотехнологичную систему, надежность которой значительно снижена, а эксплуатация требует высоко квалифицированных специалистов.

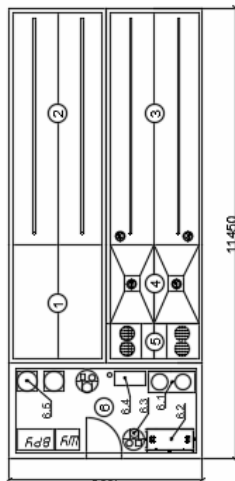
Экспликация

1. Блок механической очистки
- 1.1. Вертикальная песочная ваза
- 1.2. Песчаный бункер
2. Денитрификатор
- 2.4. Переключающее устройство
3. Аэротанк
- 3.4. Система аэрации
- 3.4.1. Насос низкого давления
4. Вторичный отстойник
- 4.1. Насос для воды реагента
- 4.2. Станция дозирования реагента
5. Блок доочистки
- 5.1. Сорбционный фильтр
6. Блок обеззараживания
- 6.1. УФ-лампы
- 6.2. Расходомер
7. Блок обезвреживания осадка
- 7.1. Стативный смеситель
- 7.2. Мелконовый обезжелезатель
- 7.3. Станция дозирования реагента
8. Воздуходувка



Экспликация

1. Денитрификатор
2. Аэротанк (1 секция)
3. Аэротанк (2 секция)
4. Вторичный отстойник
5. Блок очистки



6. Покрытие ленточное оборудование
- 6.1. Вертикальные песочные вазы
- 6.2. Мелконовый обезжелезатель
- 6.3. Блок дозирования реагента
- 6.4. Блок УФ-обеззараживания
- 6.5. Воздуходувка
- 6.6. Лестница

Рис. 1. Технологическая схема и компоновка оборудования блочно-модульной контейнерной установки для очистки сточных вод.



Рис. 2.



Рис. 3.



Рис. 4.



Рис. 5.



Рис. 6.

Кроме того, в связи с незначительным от 5 до 100 м³/сут расходом и его высокой неравномерностью, низкими температурами окружающей среды, обеспечение стабильной работы станции становится достаточно сложной задачей, требующей как усреднения стока, так и его подогрева, что приводит к высоким эксплуатационным затратам.

В последние годы на мировой рынок вышла принципиально новая, перспективная технология мембранного биореактора [3]. Надежность сооружений, в основе которых лежит данная технология, значительно выше, чем схемы биологической очистки с вторичным отстойником. Кроме того, применение данной технологии позволяет значительно снизить ёмкостной объём сооружений, что положительно сказывается на капитальных и транспортных затратах, имеющих в данной ситуации немалую значимость.

Вода, прошедшая через мембранный модуль, практически не содержит в себе взвешенных частиц и может быть дочищена от растворенных загрязнений на мембранах обратного осмоса в целях повторного использования.

К сожалению, не смотря на все очевидные плюсы данной технологии, она обладает все теми же ограничениями, что и классическая схема. На английском данный процесс носит название «activated sludge process», в дословном переводе – «процесс активного ила», что несколько более точно отражает суть. В основе МБР лежит все тот же процесс, однако рабочая доза ила увеличена до 15-20 мг/л и изменен способ его отделения от воды. Для эффективного протекания процесса необходимо обеспечение температурного режима, режима рН и сбалансированности состава стока по таким показателям, как БПК, азот, фосфор. Зачастую, особенно при малых производительностях, организация анаэробных и аэробных зон становится так же труднодостижима, в связи с малым расстоянием одной зоны от другой.

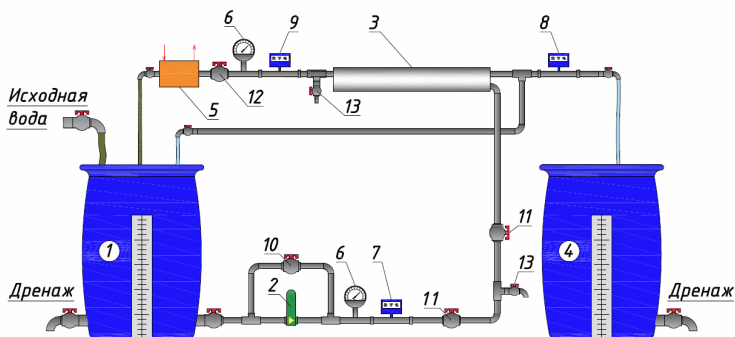
В процессе трудовой деятельности автором были получены реальные подтверждения тому, что очистные сооружения сверхмалой производительности практически не поддаются наладке и зачастую диапазон их работы не соответствует составу реального стока.

В свете данных фактов было сделано предположение о необходимости поиска нового подхода к очистке сточной воды в условиях Крайнего Севера, а также для станций малой производительности в блочно-модульном исполнении.

В последние годы на кафедре водоснабжения и водоотведения велись разработки технологии очистки ливневых и нефтесодержащих сточных вод, в основу которой лег принцип обратноосмотического мембранного фильтрования. Разработана специальная конструкция мембраны – мембрана «с открытым каналом», позволяющая работать при высоких концентрациях загрязнений. Кроме того, была предложена технология, позволяющая значительно снизить объем концентрата (до 1-5 % от объема очищаемой воды), образующегося в ходе данного процесса, что во многом увеличивает привлекательность данной технологии [4, 5, 6].

Уже сейчас проводятся исследования по определению всех технологических параметров работы данных аппаратов как на хозяйственно-бытовых сточных водах, так и на иловых водах, характеризующихся высоким содержанием биогенных элементов. В настоящее время, идет обработка отдельных результатов, однако уже сейчас можно говорить о высокой эффективности данной технологии. Схема экспериментальной установки приведена на рис. 7.

Эффективность мембранного фильтрования практически не зависит от температуры обрабатываемой воды. На нее также не оказывает значительного влияния соотношение отдельных загрязнений. Проблема концентрата может быть частично решена сокращением его объема по методике, разработанной на кафедре ВиВ НИУ МГСУ. Финишная его утилизация может быть проведена на площадках вымораживания, что достаточно легко осуществимо в северных широтах.



1 – бак исходной воды; 2 – насос; 3 – мембранный модуль;
 4 – бак очищенной воды; 5 – теплообменник; 6 – манометр; 7 – расходомер;
 8 – расходомер; 9 – расходомер концентрата;
 10 – регулировочный клапан байпаса; 11 – регулирующий клапан исходной воды;
 12 – регулирующий клапан концентрата; 13 – пробоотборник

Рис. 7. Схема экспериментальной установки.

Применение данной технологии значительно увеличит надежность работы очистных сооружений блочно-модульного типа, уменьшит их строительный объем, что скажется на транспортных расходах, а также позволит получать очищенную воду высокого качества. Такая вода может быть применена как техническая или как питающая для котельных установок.

Библиографический список

1. Жмур Н.С. Управление процессом и контроль результатов очистки сточных вод на сооружения с аэротенками. – М., Луч, 1997.
2. Харьковина О.В. Эффективная эксплуатация и расчет сооружения биологической очистки сточных вод. – Волгоград, Панорама, 2015.
3. Кудрявцев Н.Н. и др. Отчёт о научно-исследовательской работе по теме: разработка технологии очистки высококонцентрированных сточных вод в мембранных биореакторах. – Москва, УДК 661.183.123: 628.3, 2007.
4. Первов А.Г., Матвеев Н.А. Создание локальных систем очистки сточных вод с применением технологии обратного осмоса // Тезисы докладов XII Всероссийской научной конференции (с международным участием) МЕМБРАНЫ-2013, г. Владимир. 2013. С. 65-68.
5. Первов А.Г., Матвеев Н.А. Использование мембран для очистки поверхностных стоков и оборотных вод автомоек // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 1. С. 23-32.
6. Pervov A., Matveev N. Applications of Open Channel Membrane Modules to Treat and Reuse Wastewater // Journal of Membrane and Separation Technology. 2014. V. 3. No. 1. P. 11-28.

ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ РЕАКТОРА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ В ОЧИСТКЕ БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ ВЬЕТНАМА

*Чан Ха Куан, аспирант 2-го курса ИИЭСМ
Научный руководитель – Гогина Е.С., доц., к.т.н.*

Технология SBR и возможность его применения во Вьетнаме

Sequencing batch reactors (SBR) или реактор периодического действия представляет собой одно из сооружений, имеющее в своей основе обработку сточной воды активным илом. С 1920-х годов SBR реакторы использовались как сооружение для очистки бытовых и промышленных сточных вод, особенно в населенных пунктах с небольшим количеством населения или с высокой неравномерностью расходов сточных вод, поступающих на сооружения. Во всем мире, в городах, населенных пунктах, на курортах, а также на предприятиях различных отраслей промышленности, в том числе при производстве молочных продуктов, целлюлозы и бумаги, кожевенных и текстильных изделий, используют SBR-реактор для процессов очистки сточных вод [1].

SBR относится к аэрационным сооружениям и может комбинировать все стадии биологической очистки сточных вод в единой емкости или в резервуаре. Основная концептуальная разница между реактором циклического действия и аэротенком состоит в различии гидравлических условий, в которых работают сооружения. Традиционный аэротенк работает в постоянном проточном режиме, тогда как в системе SBR поток сточных вод заполняет реактор в дискретный период времени и оперирует как реактор действия [2].



Рис. 1. Сравнение процессы традиционного активного ила и SBR

Очистные сооружения городов и населенных пунктов Вьетнама в основном являются аэрационными сооружениями. Согласно отчету Всемирного Банка на 2012 г. 15 станций очистки сточных вод работают в наибольших городах Вьетнама, 14 станций применяют традиционную технологию аэрационной биохимической очистки или включают в свой состав биофильтры. При этом качество очищенных сточных вод после очистных сооружений по взвешенным веществам и органическим загрязнениям ниже требуемого, а качество сточных вод по биогенным элементам не удовлетворяет требуемым условиям, которые определены документом «Стандарт А» – качество очищенных сточных вод Вьетнама [3, 4].

Качество сточных и очищенных вод

Параметры	Сточные воды, поступающие на основных станциях Вьетнама	Очищенные воды	Стандарт А
ВВ, мг/л	130 - 200	35	50
БПК, мг/л	100 - 250	20	30
ХПК, мг/л	150 - 300	45	50
N-NH ₄ , мг/л	50 - 100	25	5
P-PO ₄ , мг/л	50 - 75	15	6

В связи с тем, что нормативные требования в стране не выполняются, было принято решение о реконструкции существующих и дополнительном строительстве 45 новых станций в период 2012 – 2016 для получения требуемого качества очищенных вод в соответствии со Стандартом А Вьетнама. Для станций очистки сточных вод с расходом более 30000 м³/сут, технология применения реактора периодического действия (SBR) наиболее применима. Таким образом, в настоящее время во Вьетнаме разрабатываются 8 проектов строительства новых очистных сооружений и 6 проектов по реконструкции традиционных аэротанков [5].

Согласно отчету Агентства об охране окружающей среды США, SBR имеет преимущества при применении во Вьетнаме. В первую очередь следует отметить, что Вьетнам расположен на морском побережье и недалеко от линии экватора. Во Вьетнаме тропический климат с 2 различными сезонами: сезон дождей и сухой сезон. Так как система водоотведения во Вьетнаме общесплавная, то расход сточных вод и концентрация загрязняющих веществ зависят от количества дождевой воды, попадающей в систему водоотведения. Применение реактора периодического действия позволит регулировать количество сточной воды, поступающей на очистку, т.е. использовать реактор в качестве регулирующего резервуара. Во-вторых, в процессе реконструкции или нового строительства SBR-реакторов используется принцип работы аэрационных сооружений, но при этом экономятся финансовые средства и земли, которые отводятся под строительство очистных сооружений, в отличие от применения стандартных аэрационных сооружений. В условиях небольшой площади страны этот фактор немаловажен [6].

Оценка технологии SBR во Вьетнаме

При содействии Центра Охраны Воды и Окружающей Среды (EPRC), Технологического университета г. Дананг проведена оценка применения технологии SBR для очистки городских сточных вод во Вьетнамских условиях. Объектами оценки являются 2 новые очистные станции, работающие более 1 года, и 1 реконструированная очистная станция. Содержание оценки включает схемы очистки, операционные процессы, качество сточных и очищенных вод и эффективности очистки. Процесс отбора и анализа сточ-

ных и очищенных вод действует по Стандартным методам исследования сточных вод [7].

Новые станции SBR

Схема очистки на новых очистных SBR станции не сложная, она включает 5 главных сооружений (рис. 2). Количество SBR-реакторов на станции – не менее 2, работающих параллельно для обеспечения очистки максимального расхода, поступающего на станцию из системы канализации

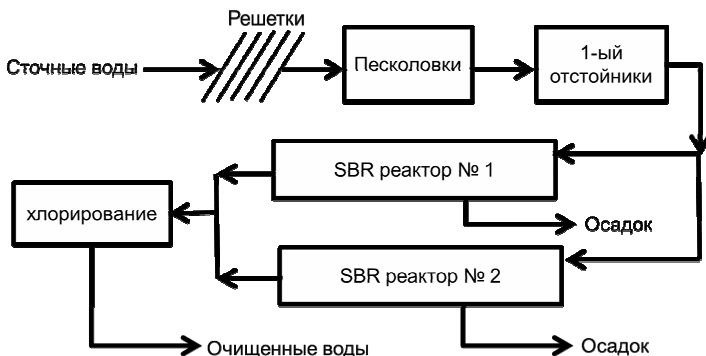


Рис. 2. Схема очистки бытовых сточных вод на новой очистной станции SBR

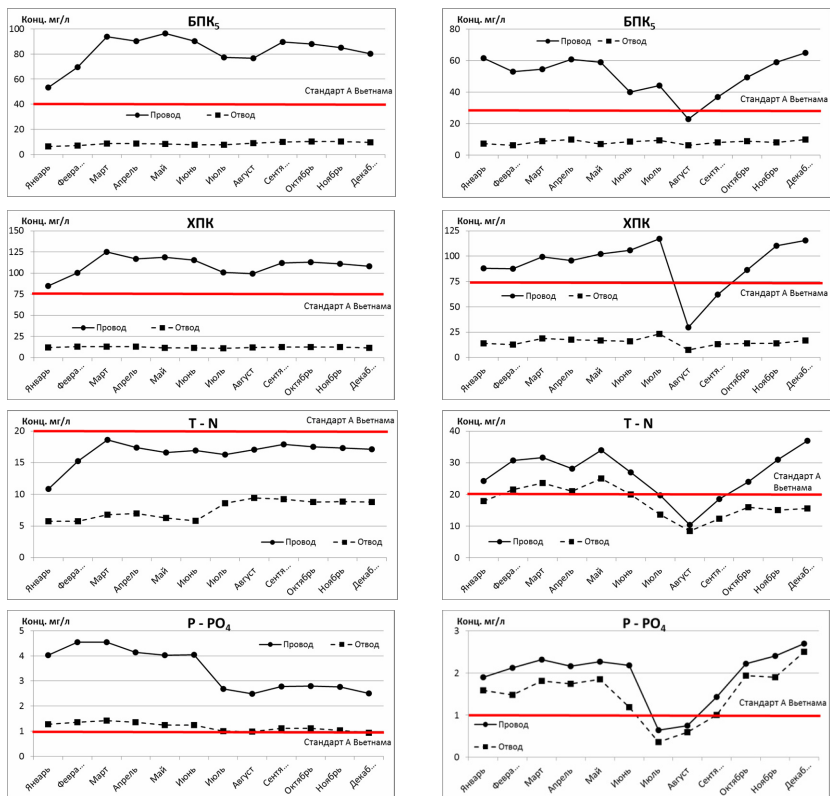
На рис. 3 приведены значения качества сточных и очищенных вод в 2016 году.

Графики показывают, что концентрации заряженных веществ имеет большой диапазон за 1 год. В очищенной воде концентрация БПК₅ и ХПК меньше, чем Стандарт А Вьетнама, но больше нормативных требований по СанПиН 2.1.5.980-00. Концентрации очищенных вод по биогенным элементам не удовлетворяют требуемым условиям (Т – N и P – PO₄) и эффективность их очистки недостаточна, концентрации изменяются в диапазоне 30 – 50 % для азота и 20 – 60 % для фосфата.

Кроме того, по записной операционной книжке, средний расход сточных вод проводящих в станции составляет 10 000 – 20 000 м³/сут, что равно половине расчетной производительности станции очистки сточных вод (30 000 – 40 000 м³/сут). В будущем, когда расход сточных вод увеличится, эффективность станции будет уменьшаться и, возможно, концентрация БПК₅ и ХПК не превысит нормативных значений.

Реконструированная очистная станция

SBR-реактор на реконструированной очистной станции построен на основе сооружений анаэробной лагуны (рис. 3) и начинает работать в июле 2017 г. для очистки бытовых сточных вод с расходом 30 000 м³/сут. Новая схема очистки показана на рис. 4.



Станция 1

Станция 2

Рис. 3. Графики изменения качества исходной и очищенной сточной воды в 2016 г.

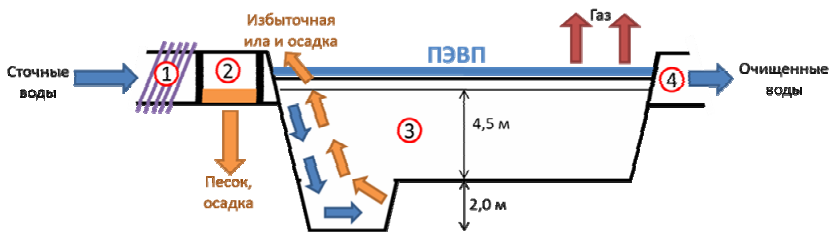


Рис. 4. Старая схема очистки:

1 – решетки, 2 – песколовки, 3 – анаэробная лагуна, 4 – обеззараживание воды

По причинам реконструкции SBR-реактор из анаэробной лагуны, процесс аэрации оказался неустойчивым на поверхности реактора. Поэтому, результаты анализа очищенных вод показали, что концентрации BPK₅ и ХПК меньше, чем нормативные требования согласно Стандарта А Вьетна-

ма, а концентрации биогенных элементов – аммонийного и общего азота не удовлетворяют требуемым условиям. В целом качество очищенных вод выше расчетного.

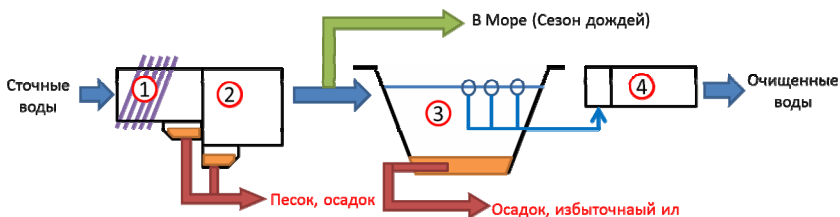


Рис. 4. Новая схема очистки:

1 – решетки, 2 – отстойники/регулирующий резервуар, 3 – SBR - реактор, 4 – обеззараживание воды

Таблица 2

Качество сточных и очищенных вод реконструированной станции

Параметры		16-Авг	17-Авг	18-Авг	19-Авг	20-Авг	21-Авг	22-Авг	Стандарт А	Расчетное
Сточные воды	БПК ₅ мг/л	75	77	91	83	88	79	70	-	-
	ХПК мг/л	90	105	126	117	121	111	93	-	-
	N-NH ₄ мг/л	36,5	42,3	46,8	45,7	44,8	40,1	38,7	-	-
	T – N мг/л	53,4	56,2	55,1	59	61,2	58	54	-	-
	T – P мг/л	6,3	6,6	6,8	6,8	6,5	6,4	6,5	-	-
Очищенные воды	БПК ₅ мг/л	7,6	8,7	9,3	8,8	7,9	7,5	8,4	30	8
	ХПК мг/л	17	21	24	23	22	20	24	50	20
	N-NH ₄ мг/л	8,3	9,6	7,9	8,1	9,1	9,3	8,7	5	6
	T – N мг/л	14,3	15,8	15,5	16	15,7	15,3	15,4	20	15
	T – P мг/л	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,6	1,8	4	1,6

Заключение

Результаты оценки показали, что сооружение SBR во Вьетнаме имеет две главные проблемы:

Во-первых, SBR-реакторы имеют низкую производительность: расход сточных вод на станции равен половине расчетного значения, но эффек-

тивность очистки не высокая. Во-вторых, процессы удаления азота и фосфата не достигают расчетных эффективностей.

Следовательно, для оптимальных процессов очистки сточных вод, увеличения эффективности удаления азота и фосфата, необходимо модифицировать SBR-реактор в соответствии с Вьетнамскими условиями. Вариант модификации может включать технологический метод, использующий загрузочный материал для улучшения процесса удаления биогенных элементов или метод модернизации конструкции – применение устройства для уменьшения гидрологической загрузки в фазе реакции реактора.

Библиографический список

1. New England interstate water pollution control commission. Sequencing Batch Reactor Design and Operational Considerations. 2005. Lowell, MA 01852-1124.
2. The International water association Publishing [Электронный ресурс]. Sequencing Batch Reactor. Режим доступа: <https://www.iwapublishing.com/news/sequencing-batch-reactor>
3. The World Bank. Vietnam Urban Wastewater Review Executive Summary. Australian Aid, 2013. 32 с. Режим доступа: <http://documents.worldbank.org/curated/en/715941468320695559/Performance-of-the-wastewater-sector-in-urban-areas-a-review-and-recommendations-for-improvement>
4. National technical regulation on domestic wastewater // QCVN 40: 2010/BTNMT/ HaNoi 2008.
5. Nguyen Viet Anh. Vietnam water and wastewater report, 2016.
6. United States Environmental Protection Agency. Summary report Sequencing Batch Reactor. EPA/625/8-86/011, 1986.
7. Clesceri L.S., Greenberg A.E., Eaton A.D. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th edition. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 1999.

СЕКЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ
И РАЗВИТИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО
КОМПЛЕКСА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЭКОЛОГИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

*Волков С.А., студент 1-го курса 7 группы магистратуры ИИЭСМ
Научный руководитель – Давидюк А.А., к.т.н.*

Развитие экологического строительства спровоцировало активный рост и развитие технологий, обеспечивающих максимальное применение экологичных, так называемых «зеленых» материалов и натуральных материалов. Одновременно с этим развивались различные технологии как производственные, так и комплексные, например, пассивный дом, которые формируют общие требования и подходы к используемым материалам, решениям и технологиям. По мнению экспертов, массовое строительство зданий из дерева сегодня является одним из наиболее перспективных направлений дальнейшего экоустойчивого развития.

В Россию уже пришли современные технологии, позволяющие возводить как малоэтажные, так и многоэтажные деревянные здания. Государство, в свою очередь, готово стимулировать спрос – субсидиями и дешевой ипотекой. Вопрос о том, как стимулировать развитие данной отрасли был одним из главных на панельной сессии Петербургского международного экономического форума (ПМЭФ) «Перспективы лесного комплекса в современной экономике: инновационное развитие» в 2017 году.

Но даже при поддержке региональных властей пока что в России деревянное строительство используется не очень активно. В отдельных регионах страны доля социальных объектов, построенных из древесины, составляет 5–10%. При этом в Карелии этот показатель достигает 22%, в Архангельской и Вологодской областях – более 30%.

В мире картина выглядит иначе. Так, в США, Финляндии, Канаде доля деревянных домов в общем объеме малоэтажного строительства составляет более 80%. В Японии этот показатель достигает 45%. В мире из дерева строят и высотки. Сейчас самым высоким зданием, построенным с использованием деревянных конструкций, является 32-метровый жилой дом в Мельбурне, но норвежский небоскреб Mjostarnet [9, 12] должен в 2018 году превысить 80 метров и будет полностью деревянным.

О том, чтобы вернуть России утраченные некогда позиции в деревянном строительстве, уже задумались и на федеральном уровне. Как сообщила ТАСС: Министерство промышленности и торговли РФ, в настоящее время разрабатывает стратегию развития лесного комплекса России до 2030 года, которая в первую очередь должна простимулировать спрос на деревянные дома [1].

Исходя из этого, проведем анализ тенденций развития деревянного домостроения.

Современные технологии обработки древесины

Древесина является органическим, пористым материалом растительного происхождения, которое может быть подвержено биологическому, механическому или химическому воздействию. Широкому распространению дерева как строительного материала способствует легкость его заготовки и обработки, внесезонность применения, химическая стойкость, диэлектрические качества, а также высокие показатели физико-механических свойств при малой плотности. Наглядным показателем служит удельная прочность материала – отношение его расчетного сопротивления R , выраженного в МПа $100 = \tau\text{с}/\text{м}^2$, к плотности γ , $\text{т}/\text{м}^3$, которое равно: для древесины сосны (на сжатие и изгиб) – $1300/0,5 = 2600$ м; для стали класса 38/23 (на растяжение, сжатие и изгиб) – $21000/7,85 = 2670$ м; для бетона М200 (на сжатие) – $900/2,2 = 410$ м. Из этих данных видно, насколько выгодным является применение древесины в сжатых и изгибаемых элементах конструкций. Конструкции из дерева по своей массе лишь немного тяжелее соответствующих стальных и значительно (в 5...6 раз) легче бетонных и железобетонных [3].

Физико-механические свойства древесины зависят от:

- Характера действия нагрузки и направленности её по отношению к волокнам;
- Влажности, температуры, плотности;
- Породы древесины, а также ее качества.

Механическая обработка древесины – это обработка, при которой изменяются форма и объем древесины без изменения самого вещества. Такая обработка древесины резко отличается от химической, при которой изменяется вещество древесины. Подавляющая часть древесных материалов обрабатывается с нарушением связи между волокнами. Эта обработка древесины основана на свойстве делимости и производится в основном резанием: пилением, строганием, фрезерованием и др. Значительно реже применяется обработка без нарушения связи между волокнами (прессование, гнутье), при которой используются пластические свойства древесины, т. е. способность сохранять приданную ей деформацию после прекращения действия внешних сил. Однако пластичность древесины весьма мала по сравнению с пластичностью таких материалов, как металл, в связи с чем это свойство используется в древесине в меньшей степени.

Химическая обработка древесины – это обработка, в процессе которой на древесину воздействуют различными химическими соединениями. Химическая обработка древесины объединяет несколько производств: целлюлозно-бумажное производство – производство бумаги и картона; гидролизное производство; пиролиз (сухая перегонка) древесины дает древесный уголь, метиловый спирт, уксусную кислоту, фенольные смолы, различные органические растворители; канифольно-скипидарное производство позволяет получить канифоль, скипидар, которые используются в лакокрасочной, парфюмерной и фармацевтической промышленности.

В связи с этим в любом деревообрабатывающем, лесопильном или химическом производстве обработка древесины происходит по этапам, в процессе которых, конечному изделию из древесины придают определенные свойства, которые должны отвечать определенным требованиям рынка. Только при выполнении этих требований можно гарантировать устойчивость изделия в процессе его эксплуатации, механическую стойкость, неизменность линейных размеров в среде, где часто возникают изменения влажности и температуры.

Недостатки, ограничивающие применение деревянных конструкций, — опасность загнивания и возгорания их, усушка, разбухание, коробление и растрескивание, неоднородность строения и наличие пороков – могут быть устранены консервированием и облагораживанием древесины антисептированием и использованием огнезащитных пропиток или покрасок. Применение производных материалов из древесины с улучшенными свойствами (фанеры различных видов, древесно-слоистых пластиков (ДСП), прессованной древесины, древесноволокнистых материалов (ДВП) и др.) и защита древесины существенно повышают долговечность деревянных конструкций и расширяют область их эффективного применения.

Задача рационального использования древесины в строительных конструкциях заключается в совершенствовании конструктивных решений, обеспечении долговечности материала, индустриализации производства деталей и конструкций, целесообразном ее применении с учетом условий эксплуатации и т. д.

Комплексное использование отходов лесной промышленности, а также отходов при изготовлении конструкций из дерева на основе их химической и химико-механической переработки значительно повышает эффективность использования древесины.

Применение клееной древесины в строительных конструкциях позволяет получать конструктивные элементы больших размеров по сечению и по длине, что дает возможность создавать несущие деревянные конструкции больших пролетов и под большие нагрузки. Клееные деревянные конструкции являются наиболее качественными и надежными, так как изготавливаются из высушенных пиломатериалов, менее подверженных растрескиванию и короблению, а также благодаря удалению дефектных мест. Качество их повышается и за счет рационального размещения досок в зависимости от их сорта в поперечном сечении элементов в соответствии с напряженным состоянием.

Интенсивные способы консервирования древесины позволяют применять деревянные конструкции в открытых наземных и гидротехнических сооружениях: мостах, плотинах и др.

Малая масса деревянных конструкций значительно сокращает стоимость их перевозок при транспортировании на большие расстояния.

Производственной основой для достижения максимальной эффективности применения деревянных конструкций является индустриализация строительства. При этом изготовление стандартных элементов или конст-

рукций производится в заводских условиях с применением комплексной механизации и автоматизации производственных процессов. Применение конструкций заводского изготовления основано на выгоды массового производства однотипных элементов, предпосылкой этому служит введение в проектирование модульности, являющееся основой типизации и стандартизации. Это дает возможность сократить сроки строительства, повысить качество работы и снизить стоимость строительства.

Индустриальной базой в области производства деревянных конструкций являются заводы сборного деревянного домостроения и заводы (или цеха) клееных деревянных конструкций. В нашей стране действуют современные заводы по производству несущих и ограждающих деревянных конструкций в соответствии с их номенклатурой.

Опыт показывает, что применение клееных деревянных конструкций в гражданских зданиях типа спортзалов, крытых рынков, павильонов снижает массу покрытия в 4...5 раз, трудоемкость монтажа до 20%, расход стали до 50% и позволяет существенно увеличивать перекрываемые пролеты. Весьма эффективны клееные деревянные конструкции в складах минеральных удобрений, где экономия капиталовложений на 1 т удобрений по сравнению с железобетонным каркасом составляет от 37 до 53%.

Успешное применение деревянных конструкций в строительстве зависит от степени использования положительных свойств древесины и устранения или ограничения влияния отрицательных свойств.

В настоящее время в деревянном домостроении применяются в основном три известные архитектурно-строительные системы: это домостроение из массивной древесины (дома из сухого массивного или клееного бруса, дома из оцилиндрованных бревен), панельное деревянное домостроение (из крупных и мелких панелей) и каркасное деревянное домостроение. Рассмотрим некоторые примеры производимой продукции в России.

Конструктивные элементы на основе деревянных изделий безусловно всегда выполнялись из цельных массивов, однако в настоящее время популярность завоевывает клееная конструкционная балка. Для её производства используется северная древесина хвойных пород (ель и сосна), произрастающую в Вологодской и Архангельской областях, Республике Карелия. Из-за особенностей вегетационного периода, характерного для северных широт, древесина становится плотной, прочной и малогироскопичной, с плотно сидящими, живыми сучками маленького диаметра. В производстве клееной балки должен быть использован только легально заготовленный, качественный, экологически чистый лес. Вся производственная цепочка поставок древесины «от заготовителя — к потребителю» должна быть сертифицирована по стандарту FSC.

Преимущества клееной балки можно описать так:

- высочайшее качество лицевых поверхностей, не требующих дополнительной обработки
- высокая прочность клевого соединения.

- высокая стабильность и точность размеров, устойчивые геометрические формы.
- экологичность.

Кроме конструктивных элементов из дерева в России активно производятся плитные материалы:

- ДВП (древесноволокнистые плиты);
- ДСП (древесностружечные плиты);
- цементно-стружечные плиты;
- щепоцементные плиты;
- фибролитовые плиты

Рассмотрим некоторые характеристики и особенности производства этого вида материалов. При производстве плит сырье подвергается дроблению до степени волокна или до степени древесных частиц. Размер и форма древесных частиц, а также способ их изготовления в значительной степени влияют на качество готовых плит. Одновременно с этим существенное влияние оказывает также качество и количество смол, применяемых для склейки сырья. Характеристики плит зависят от расположения волокон и частиц в плитах, что в свою очередь сказывается на качестве, свойствах и применении плит. За счет организации отверстий при изготовлении плит достигается снижение объемного веса материала до 0,6—0,7 г/м³. Отверстия могут занимать до 30% площади поперечного сечения плиты.

Теплопроводность любого вида плит изменяется в зависимости от их плотности. Чем плотнее плита, тем выше коэффициент теплопроводности. Для пустотелых плит коэффициент теплопроводности определяют экспериментально.

Сопротивление выдергиванию гвоздей и винтов или поперечное сопротивление у плит из древесных частиц ниже, чем у древесины всех пород той же плотности. Поэтому крепление плит осуществляют специально сконструированными для этой цели соединениями. Огнестойкость и сопротивление гниению и повреждению термитами у плит из древесных частиц выше, чем у древесины или другого применяемого для изготовления плит лигноцеллюлозного материала. Но для повышения огнестойкости плиты подвергают специальной обработке или покрывают жаростойкими красками.

Современные технологии позволяют создавать плиты посредством сочетания различных материалов с деревянным сырьем, что обеспечивает возможность создания деревянных изделий с повышенными характеристиками. Примером таких материалов являются цементно-стружечные и фибролитовые плиты. В России под «фибролитом» понимается вся совокупность плит из древесной шерсти и вяжущих материалов, а в Западной Европе их называют Wood Wool Cement Board (WWCB). Специфика фибролитовых древесных плит состоит в применении дерева в виде древесной шерсти с обеспечением равномерности её смачивания, смешивания с цементом и укладки волокон шерсти в плите. При этом показатели ширины и толщины древесных волокон, уровня их смачивания и содержания состав-

ных частей фибролита задаются и строго контролируются. В процессе производства укладка волокон шерсти в плите осуществляется в строго горизонтальной плоскости. Обеспечивается получение материала заданной плотности, в широком её диапазоне. Частицы дерева входят в виде древесных волокон (древесной шерсти). При этом их длина достигает 250 мм, ширина задаётся в диапазоне от 1 до 8 мм, толщина от 0,1 до 0,4 мм. Длинные волокна, при их равномерной укладке в строго горизонтальной плоскости, обеспечивают уменьшение содержания цемента в материале без существенного ухудшения свойств, придаваемых материалу цементом.

Длинные волокна древесной шерсти, равномерно уложенные в плите в строго горизонтальной поверхности, позволяют получить не только традиционный фибролит низкой плотности, но и фибролит средней и высокой плотности на одном технологическом оборудовании. Для получения фибролита различных плотностей очень важна не только горизонтальность укладки древесных волокон, но и равномерность их укладки по плите.

Цементно-стружечные плиты (ЦСП) могут быть самой разнообразной длины, но наиболее распространены размеры 3,2 и 3,6 м. Ширина плит 1,2 м. Толщина 8—30 мм, но обычно ограничиваются 10—20 мм. Плотность плит до 1,2 г/см³. Прочность на статический изгиб может достигать 40—50 МПа, т. е. вдвое выше, чем у традиционных древесностружечных плит на синтетических клеях. Этот вид плит имеет повышенные характеристики в части био-, атмосферо- и огнестойкости, а также гвоздимости и хорошую обрабатываемость универсальным дереворежущим инструментом. Цементно-стружечные плиты применяются для наружных обшивок панелей деревянных домов, для изготовления санитарно-технических кабин многоэтажных домов, для возведения огнезащитных перегородок и т. д.

На основе данных материалов разрабатываются технологии для строительства каркасно-панельных домов:

- конструктивная теплоизолированная панель (Structural Insulated Panel);
- конструктивно-композитный пиломатериал (Structural Composite Lumber (SCL)), включающий:
 - брус с параллельным направлением волокон (Parallel strand lumber (PSL));
 - ламинированный брус (Laminated strand lumber (LSL));
 - плиты с ориентированной стружкой (Oriented strand lumber (OSL));
 - ЛВЛ-брус, брус из клеёного шпона (от англ. Laminated Veneer Lumber — «пиломатериал из слоёного шпона»);
- CLT-технология.

Рассмотрим некоторые характеристики данных технологий.

Структурная изолированная панель (англ. SIP, Structural Insulated Panel [11]) – это строительная сэндвич-панель, склеенная из двух слоёв влагостойкой OSB-3 (ОСП-3, ориентированной стружечной плиты), и слоя само-

затухающего пенополистирола между ними. СИП – это высокоэффективный строительный материал нового поколения, используемый для строительства стен, полов, перекрытий, крыш в жилых и промышленных зданиях. Панели способны выдерживать огромные поперечные и вертикальные нагрузки – 2 и 10 тонн соответственно. После склеивания, заготовки превращаются в детали, к каждой такой детали прикрепляются деревянные монтажные элементы. Соединения уплотняются монтажной пеной, для их сборки используются саморезы и гвозди. Конструкция дома, созданного по данной технологии, представляет собой набор панелей (стеновых, перекрытий и крышевых) изготовленных в заводских условиях, которые монтируются на строительной площадке в соответствии со сборочными чертежами. При этом на 90% силовой комплект изготавливается на заводе и только 10% работ (сборка комплекта) выполняется непосредственно на объекте.

Пенополистирол в данной конструкции является не только утеплителем, но и конструкционным элементом, который удерживает внешние обшивки (плиты ОСП) параллельно друг другу, чем достигается эффект большой несущей способности данного «сэндвича». В этом случае несущей является вся поверхность стеновой панели, а не только стойки, как это имеет место в традиционной каркасной конструкции. Несущая способность такой стеновой панели по испытаниям в 4 раза превышает обычные каркасные конструкции. Такие панели, за счет монолитного склеивания, выдерживают вертикальную нагрузку до 10 тонн и поперечную нагрузку 2 тонны на 1 м.кв. (для строительства коттеджей достаточно 350 кг на 1 м.кв.!) Это свойство позволяет снизить материалоемкость и повысить теплоизоляционные свойства при реализации проектов за счет сокращения количества деревянных стоек.

CLT-технология – Cross Laminated Timber (CLT или X-Lam) – перекрестно склеенная древесина – панель состоит из множества склеенных друг с другом перекрестных ламелей, что обеспечивает этому материалы огромную прочность и идеальную геометрию[10]. Этот вид панелей относится к классу клееных деревянных панелей, изготавливаемых из перекрестно расположенных досок с клеевым соединением (не чипсы, не волокна, не стружка). А благодаря промышленному производству, уже на стадии изготовления, в панелях можно сделать все необходимые каналы для инженерных коммуникаций, что обеспечивает удобство монтажа при возведении дома.

CLT может использоваться как замена таким материалам, как

- бетон;
- каменная кладка;
- стальные конструкции;
- клееный брус;
- клееное бревно.

Также одним из важных факторов развития CLT-технологии является понимание того, что CLT-плиты (как бетон или кирпичная кладка) – это система тяжелой строительной промышленности. Такие системы характер-

ны как для малоэтажной, так и для многоэтажной - жилых застройки во многих европейских странах.

Помимо клееных балок, CLT и панелей на основе измельченной древесины в России действуют два предприятия производящие балки на основе лущеного шпона хвойных пород – LVL брус. Этот вид конструкционного материала, изготовлен по технологии склейки нескольких слоев лущеного шпона хвойных пород (сосна, ель, лиственница) толщиной порядка 3 мм. Благодаря своей однородной структуре брус ЛВЛ обладает высокой прочностью при горизонтальной нагрузке, что позволяет использовать его для несущих элементов каркаса. Выпускается в виде брусьев (балок) и плит широкого размерного ряда. LVL относится к классу SCL куда входят еще и PSL и LSL.

В результате анализа видов древесосодержащей продукции [4, 6, с. 254, 7] была сформирована следующая сравнительная таблица 1, которая может быть использована для последующего оперативного подбора материалов при проектировании.

В деревянном строительстве могут использоваться различные сочетания древесосодержащих материалов. Так, например, CLT, в зависимости от строительной системы, может использоваться в совместной работе с клееными балками.

Цель данного сравнительного анализа сформировать основу для дальнейшей автоматизации процесса подбора строительных материалов для последующего использования совместно с технологией информационного моделирования. Как известно, деревянное строительство не отстает, а в некоторых случаях даже опережает по применению технологий информационного моделирования по сравнению с обычным строительством [8].

Для многих технологий пассивных домов разрабатываются математические и имитационные модели, позволяющие рассчитать характеристики комфортности будущего объекта. Это связано с тем, что специалистам в области пассивного строительства приходится доказывать применимость технологии.

Чтобы облегчить использование древесосодержащих строительных материалов многие производители бесплатно предоставляют свои BIM библиотеки элементов. Примерами могут служить библиотеки BIMObjects, Kerto® LVL BIM design objects (<https://www.metsawood.com/>), STORA ENSO (<http://buildingandliving.storaenso.com/products-and-services/bim-toolbox>) и материалы компании CREE.

Одновременно с производителями материалов, разработчики ПО выпускают решения, которые позволяют автоматизировать процесс разработке проектов деревянных строений. Например, компания AGACAD <http://www.aga-cad.com/products/bim-solutions>) выпускает решения Wood Framing Wall+ (проектирование каркасных домов), Roof Panel Frame (деревянные конструкции крыш). Компания STRUCSOFT SOLUTIONS (<http://strucsoftsolutions.com/products/>) выпускает решение MWF Post Frame для расчета деревянных каркасов и MWF Pro Wood для комплексного про-

ектирования деревянных строений, включая подготовку инструкций для станков ЧПУ. Расширение Timber Framing 2015 для Autodesk Revit позволяет рассчитывать простые деревянные конструкции. Российская компания Центр Информационных Программных разработок «ГеоС» выпускает программный продукт «КЗ-Коттедж» (<http://www.k3-cottage.ru/>).

Таблица 1

Сравнение деревянных материалов

Характеристики/Наименование технологии	Цельное дерево	Клеевый брус	SIP	CLT	LVL
Теплоизоляционный материал	Дерево	Дерево	Пенополистирол	Дерево	Дерево
Звукоизоляция (норма для стен и перегородок <40дБ, междуэтажных перекрытий <48дБ)	Низкая	Сопоставима с деревом	70 дБ	От 33 до 37 дБ	Сопоставима с деревом
Теплоизоляция	В соответствии с нормативами	25-30% в выше, чем у цельного дерева	30-40% в выше, чем у цельного дерева для панели 175 мм	25-30% в выше, чем у цельного дерева	25-30% в выше, чем у цельного дерева
Возможность использования для конструкций	да	Да	Да при соблюдении технологии	да	Да
Огнестойкость	Около 30 минут	Около 30 минут	До 90 минут	от 30 до 90 минут	До 30 минут
Возможность производства элементов дома в заводских условиях	Да	Да	Да	Да	Да
Быстрый монтаж	Нет	Нет	Да	Да	нет
Срок эксплуатации	До 50 лет	До 50 лет	50 лет	Более 50 лет	До 50 лет

Примеры проектов с применением деревянных элементов

Несмотря на существующие во многих странах мира законодательные ограничения высотности зданий из деревянных конструкций, идея создания деревянных небоскрёбов не оставляет умы архитекторов современности [2].

Строительство подобных сооружений, безусловно, имеет ряд преимуществ как с точки зрения стоимости строительства, так и в плане экологической устойчивости. Однако отсутствие реального опыта массового строительства высотных сооружений из дерева не позволяет делать однозначные выводы о целесообразности таких проектов. В этой статье, исключительно для примера, приведем лишь краткую информацию о реализованных проектах и проектируемых высотных зданиях из деревянных конструкций. Большое количество примеров можно посмотреть по ссылке <https://theplan.it/eng/webzine/wood-in-architecture>.

1. Жилой дом Stadthaus в Лондоне

Девятиэтажный жилой дом с первым нежилым этажом на сегодняшний день является самым высоким зданием в Европе, полностью построенным из дерева. Здание занимает участок 17×17 м и имеет высоту 30 м. В строительстве использовались CLP-панели (cross laminated panels) – деревянные конструкции, изготовленные по технологии перекрёстного склеивания под высоким давлением (60 т/м^2). Всего на возведение здания ушёл 901 м^3 древесины.

Здание было построено за 49 недель, и при этом комиссия, принимавшая здание, не выявила ни одного дефекта или отклонения от проектной документации.

2. LCT ONE – бизнес-центр в Дорнбирне

Строительная компания Stree, входящая в концерн Rhombert Group, разработала концепцию LCT (LifeCycle Tower) – модульные здания из деревянных конструкций от трёх до 30 этажей, максимальная высота которых может достигать 100 м. В соответствии с этой технологией было построено восьмизэтажное офисное здание LCT ONE в Дорнбирне (Австрия) высотой 27 м. Основная концепция заключается в том, что, помимо конструктивных решений, проработаны и инженерные разделы, т.е. здание из модулей собирается под ключ. Это здание сертифицировано на «Платиновый» уровень по рейтинговой системе DGNB (http://www.dgnb-system.de/dgnb-system/en/projects/uebersicht.php?we_objectID=25523).

3. Жилой дом в Стокгольме

Проект 34-х этажного жилого дома разработан архитектурным бюро Berg/C.F.Møller Architects в Стокгольме (Швеция) [5]. В начале 2014 года в рамках архитектурного конкурса HSB Stockholm-2023 этот проект стал победителем. Центральное ядро здания будет выполнено из железобетона, а колонны, перекрытия, стены, перегородки, оконные рамы и другие элементы изготовят из деревянных конструкций. Дерево должно обеспечить благоприятный микроклимат и отличные теплоизоляционные характеристики в помещениях.

4. Многофункциональный комплекс в Чикаго

Проект строительства многофункционального комплекса предполагает спортивный зал, библиотеку, коммерческие и жилые помещения, парковку и общественный парк. Высота жилой части здания составляет около 150 м.

Концептуальный проект от архитектора Майкла Райана Чартерса получил множество наград международных архитектурных конкурсов.

Заключение

Как было показано, развитие современных технологий обработки дерева позволяет использовать деревянные и композитные материалы, совмещающие дерево с другими видами материалов, для создания новых экологических объектов.

При проектировании деревянных объектов могут применяться технологии информационного моделирования, так как многие производители лесоматериалов уже предоставляют информационные модели, что позволяет проектировать дома и проводить анализ энергоэффективности или пассивности еще на этапе разработки проекта. Применение технологий информационного моделирования позволяет не только проектировать малоэтажное строительство и отделку интерьеров, но и разрабатывать проекты многоэтажных домов, на основе применения комбинированных технологий.

В России активно развивается деревообрабатывающее производство, примером может служить группа компаний «Сегежа» (<https://segezha-group.com/products/wooden-houses-from-glued-beams/housing/>)

Библиографический список

1. Василий Александров Деревянные небоскребы: в России будут стимулировать строительство домов из дерева [Электронный ресурс]. URL: <http://tass.ru/pmef-2017/articles/4285273> (дата обращения: 26.11.2017).
2. Владимир Устинов Деревянные небоскребы // Здания Высоких технологий. 2015.
3. Фёдоров В.С., Шавыкина М.В. Деревянные конструкции. Конспект лекций. Часть I / В.С. Фёдоров, М.В. Шавыкина, Москва: МИИТ, 2003. 72 с.
4. Хотвел SIP технология. Дома из СИП панелей. Преимущества и недостатки. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hotwell.ru/technology.htm> (дата обращения: 21.12.2017).
5. C.F. Møller HSB 2023 - Västerbroplan - Projects - C.F. Møller [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cfmoller.com/p/-en/hsb-2023-vasterbroplan-i3048.html> (дата обращения: 15.12.2017).
6. Forest Products Laboratory - USDA Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. 2010.
7. Hasslacher Перекрестно-склеиваемые панели [Электронный ресурс]. URL: <https://www.hasslacher.com/Перекрестно-склеиваемые-панели> (дата

обращения: 21.12.2017).

8. Merschbrock C. Digital Collaboration in the Wood-based Construction Industry: Deployment of Building Information Modeling / C. Merschbrock, 2014. 236 с.

9. Moelven Mjøstårnet - Moelven [Электронный ресурс]. URL: <https://www.moelven.com/Products-and-services/Mjostarnet/> (дата обращения: 21.12.2017).

10. Van-Kho-Bin E.A. Перспективы строительства высотных зданий из сип-панелей в россии // Новые идеи нового века – 2016. Том 3.

11. Structural Insulated Panels (SIPs) | Building America Solution Center [Электронный ресурс]. URL: <https://bascc.pnnl.gov/resource-guides/structural-insulated-panels-sips#quicktabs-guides=1> (дата обращения: 27.11.2017).

12. «Через 15 лет бетон просто запретят». Инвестор небоскреба из дерева призвал готовиться к новым реалиям // speech: archspeech. 2017.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЖКХ

*Волков С.А., студент 1-го курса 7 группы магистратуры ИИЭСМ
Научный руководитель – Чельшиков П.Д., к.т.н.*

Во всем мире города переживают небывалый социальноэкономический кризис. Рост и миграция городского населения формируют требования к городской экосистеме, которые опережают возможности инфраструктуры города в части водоснабжения, электроснабжения, транспортной доступности, социальной инфраструктуры и безопасности городской среды [13].

Одновременно с этим проникновение повсеместных вычислений (ubiquitous computing) [17] во все сферы нашей жизни формирует новые вызовы к управлению жизненным циклом городской среды. Для сокращения расходов, повышения эффективности и поддержки должного уровня жизни граждан администрации городов все чаще прибегают к последним разработкам в области ИТ, одним из которых является технология информационного моделирования. Для обеспечения системной интеграции этих данных необходимо сформировать комплексную информационную модель города, основанную на принципах описания социотехнических систем и интегрированного подхода.

Общая мировая тенденция внедрения технологии информационного моделирования дошла до России. В последние два года наблюдается лавинообразный рост как проектных, так и строительных компаний, которые начинают внедрять и применять технологии информационного моделирования на соответствующих этапах жизненного цикла. Однако этап эксплуатации зданий все еще не охвачен этой технологией. Этому есть несколько причин: во-первых, отсутствие информационных моделей, которые полноценно прошли первые два этапа, проектирование и строительство, и в результате при вводе объекта в эксплуатацию была получена исполнительная информационная модель; во-вторых, владельцы недвижимости не формируют требования к управляющим и эксплуатирующим компаниям об использовании технологии информационного моделирования в рамках жизненного цикла объекта в качестве ключевого источника информации.

В результате анализа зарубежного опыта применения технологии информационного моделирования было высказано предположение, что для обеспечения формирования комплексного подхода к использованию технологии информационного моделирования в ЖКХ, необходимо начать рассматривать данную проблему на уровне управления городом в разрезе применения подхода «умный город». Рост и миграция городского населения формируют требования к городской экосистеме, которые опережают возможности инфраструктуры города в части водоснабжения, электроснабжения, транспортной доступности, социальной инфраструктуры и безопасности городской среды [13].

В качестве прототипа и экспериментальной площадки для отработки, выдвигаемой в настоящей статье гипотезы о построении комплексной городской информационной модели используется территория инновационного центра «Сколково». Явная ограниченность территории ИЦ «Сколково» (площадь 4,6 Га в рамках г. Москвы), ограничение на въезд автотранспортных средств и наличие специального Федерального закона от 28 сентября 2010 года № 244-ФЗ «Об инновационном центре Сколково» позволяют рассматривать эту территорию как прототип города.

Определение целей создания «умного города»

Так в [19] описывается результат работы, известного эксперта в области изучения городских режимов – американского социолога Кларен Стоуна. Именно его работы предопределили большинство исследований городских элит в Америке и Европе. К. Стоун выделил в своей концепции четыре основных режима. Первый режим – «статус-кво», он очень характерен для малых и бедных городов, где власть не пытается что-то менять, а поддерживает то, что есть. Второй – «режим роста и развития», который предполагает коалицию между властью и бизнесом и совместное использование ими городского пространства без учета интересов граждан. Третий тип – «прогрессистский режим среднего класса», который предполагает, что население городов объединяется в общественные организации и ограничивает власть и бизнес в их захватнических устремлениях. Четвертый – «социальный режим поддержки бедных», когда на эти цели идут деньги власти и бизнеса.

Все чаще можно встретить понятие «умного города», которое подразумевает изучение города исходя из пяти направлений «умная экономика» (Smart Economy), «умные люди» (Smart People), «умное управление» (Smart Governance), «умная мобильность» (Smart Mobility), «умная среда» (Smart Environment), «умное проживание» (Smart Living) [9]. Проникновение повсеместных вычислений (ubiquitous computing) [17] во все сферы нашей жизни формирует новые вызовы к управлению жизненным циклом городской среды. Для сокращения расходов, повышения эффективности и поддержки должного уровня жизни граждан администрации городов все чаще прибегают к последним разработкам в области ИТ. Для решения градостроительных задач и комплексного социально-экономического развития города им приходится учитывать потребности всех заинтересованных сторон, социальную активность и многие другие факторы, которые формируют задачу междисциплинарного анализа социотехнических систем[3]. Источником данных для такого анализа являются не только классические статистические данные, но и данные получаемые от различных вычислительных устройств. Все чаще возникает необходимость изучения не совместимых предметных областей, например, социальный климат и анализ воздушных потоков, которые оказываются взаимосвязанными в рамках изучения комфортности микрорайона. Для проведения такого анализа необходимо сформировать единое информационное пространство, основой кото-

рого являются большие данные формируемые городом. Для обеспечения системной интеграции этих данных необходимо сформировать комплексную информационную модель города, основанную на принципах описания социотехнических систем и интегрированного подхода (ГОСТ Р 57296-2016).

Развитие современной инфраструктуры с постепенным внедрением информационных технологий во все виды производственной деятельности приводит к появлению и внедрению киберфизических систем (Cyber Physical System). При этом под киберфизическими системами понимаются системы, которые включают спроектированные взаимодействующие сети физических и вычислительных компонентов [10]. Внедрение этих систем на современных предприятиях формирует новые требования к автоматизации систем управления предприятиями и развития систем поддержки принятия решений, которые включают не только электронный документооборот и системы мониторинга, но и системы управления бизнес-процессами, основанными на технологии субъектно-ориентированного моделирования [2], а так же методы и технологии онтологического моделирования [21]. Безусловно это отражается и на городской среде и системах управления городом. Для сокращения расходов, повышения эффективности и поддержки должного уровня жизни граждан администрации городов все чаще прибегают к последним разработкам в области ИТ, что определяет новые вызовы к управлению жизненным циклом городской среды. Вот некоторые из прикладных направлений [1], которые охватывают указанные технологии:

Интеллектуальная среда

- Умный дом
- Умный город
- Безопасность
- Образование
- Транспорт

Природные ресурсы и уравновешенная экономика

- Энергосбережение
- Ресурсосбережение
- Интеллектуальные сервисы
- Платформы доставки информации

Жизнеобеспечение человека

- Охрана здоровья престарелых
- Экстренные вызовы

Изменение востребованности компаний в человеческом потенциале привело к глобальной конкуренции за профессионалов, что повлекло за собой изменение требований к городской среде. Возросли требования к инфокоммуникационной городской среде, изменились требования потребителей к производственному и городскому окружению, что сформировало новые вызовы к городскому планированию, качеству и комфорту жизни, доступности различных услуг и сервисов. Это приводит к необходимости рас-

смотрения города с его окружением как территории, пронизанной средствами транспорта и коммуникаций, насыщенной социальной инфраструктурой и городскими сервисами. В конечном счете информационно-коммуникационная проницаемость территории становится определяющим критерием урбанизационных свойств. И урбанизация постепенно смещается с ее прежних концентрированных форм к менее разреженным и в пределе к отдельному человеку [20, с. 48].

Но все выше перечисленные характеристики необходимы для одной единственной цели: **формирование комфортной среды обитания для человека**, так как города ведут борьбу за человеческий капитал. Исходя из этого определим ключевые категории пользователей среды обитания и потребителей городских сервисов:

1. Житель города (от детей для взрослых и пожилых людей);
2. Бизнес сообщество (от индивидуальных предпринимателей для крупных корпораций);
3. Городская администрация (в том числе и как представители государства в целом);
4. Городские инженерные службы.

На наш взгляд именно эти категории потребителей являются одновременно и заказчиками городской информации, и её создателями, и оказывают управляющее воздействие. Чтобы обеспечить адекватную обработку информации и формирование целевых прогнозов развития необходимы новые подходы к обработке информации. Здесь можно процитировать слова Григория Абрамовича Гольца [4, с. 58]: «как на основе достоверного прогнозирования будущего обеспечить устойчивые динамические состояния социума, его выживаемость, найти, в конечном счете, диапазоны возможных иррациональных флуктуации и заведомо чрезмерные из них гасить с помощью рациональных методов».

Решение данной задачи требует новых подходов в сборе, обработке, анализе и прогнозировании. В укрупненном виде ранее применявшиеся методы определяются так:

- трендовые модели, предполагающие зависимость тех или иных явлений от исторического времени;
- сущностные рациональные модели, основанные на выявленных соотношениях, закономерностях, устойчивых состояниях, включая взаимосвязь между скоростями процессов;
- балансовые методы, хотя и слабо применимые в социальной области, так как в основном они отражают соотношения между отраслями производства (межотраслевой баланс);
- экспертные соображения и социологические опросы»

В соответствии с этим все виды автоматизации и внедрение киберфизических систем в городе необходимы исключительно для сбора максимально доступной информации для обеспечения устойчивого развития городской среды. В результате город трансформируется из набора функций и сервисов в сервис сам по себе. Превращается в систему систем, активно

взаимодействующих как между собой, так и с окружающей средой с постоянным участием в той или иной мере человека. С другой стороны, для городских служб этот подход требует изменения создания в сторону проектирования целостного восприятия персонального взаимодействия с городской средой, людьми и сервисами, как в физическом, так и в цифровом окружении. Принимая во внимание, что город является частным выражением более крупных систем (цивилизаций, государств, обществ, способов производства) является комплексным объектом (или подсистемой) в единстве своих многообразных функций и одновременно как элемент, включающий его целостность, как пространственное воплощение его социальных связей и культурной специфики [29, с. 32].

Определение понятия «умный город»

С учетом вышесказанных требований для дальнейшего исследования было решено использовать определение «умного города» приведенное в статье [22]:

Определение 1: «Smart Cities should be seen as systems of systems, and that there are emerging opportunities to introduce digital nervous systems, intelligent responsiveness, and optimization at every level of system integration» (Умные города должны рассматриваться как системы систем, в которых появляются возможности взаимодействия с цифровой нервной системой, интеллектуальным откликом и оптимизацией на каждом уровне интеграции систем).

Управление «умным городом» требует внедрения социально-интеграционной платформы, основанной на использовании технологии информационного моделирования, которые позволяют не только повысить эффективность проектирования и строительства, но также формируют основу для реализации перехода к «цифровой экономике» [25]. При этом данная платформа должна обеспечивать управление жизненными циклами различных объектов городской среды, тем самым формируя нервную систему, в соответствии с приведенным определением «умного города». По результатам анализа литературы [9, 17, 18, 20, 21, 23, 26] и практики реализации умных городов [10–12, 19] была сформирована концепция интеллектуальной платформы умного города, основу которой составляют «Система сбора данных», «Система хранения данных», «Система структурирования информации», «Система отображения информации», «Мембрана безопасности», «Автоматизированная система совместной работы». «Система структурирования информации» формирует «информационную базу», обеспечивающую описание онтологии «умного города», моделей данных и описание процессов и событий.

Схематично структуру информационной системы умного города можно представить в виде рис. 1, где «система структурирования информации» формирует «информационную базу», обеспечивающую описание онтологии «умного города», моделей данных и описание процессов и событий.

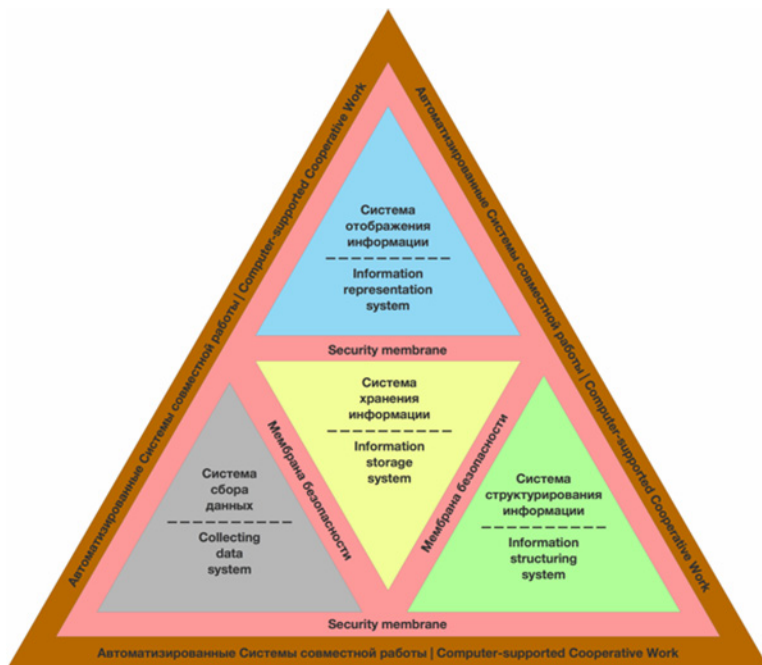


Рис. 1. Общее представление информационной системы города

Комплексная информационная модель города

Комплексная информационная модель города должна отвечать принципам интегрированного подхода к управлению информацией жизненного цикла, в частности должны быть обеспечены следующие требования: модель-ориентированный подход. Соответственно на каждом этапе жизненного цикла объекта формируется информационная модель с необходимым уровнем проработки; накопление знаний является неотъемлемой составляющей процесса моделирования на любом этапе жизненного цикла объекта; структура модели формируется на основе базовой онтологии; базовым набором метаданных является Дублинское ядро в соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО 15836:2011; при разработке моделей рекомендуется использовать современные языки моделирования, основанные на беспричинном (акаузальном) подходе, включающем объектно-ориентированное и физическое моделирование; при декомпозиции объекта рекомендуется использовать компонентную декомпозицию, т.е. декомпозицию системы на физические элементы; конкретизация условий и области применения разрабатываемой математической модели исходя из точки зрения; все объекты модели должны содержать геометрическое описание с указанием геопозиции объекта.

Исходя из требований и по результатам изучения мирового опыта был сформирован расширяемый перечень моделей, которые должны входить в состав комплексной информационной модели города:

1. **Информационная модель территории:** цифровая карта и планы; цифровая модель местности (ЦММ); цифровая модель инженерных сетей; цифровая модель рельефа; цифровая модель растительности; цифровая модель дорог; информационная модель безопасности территории («безопасный город»).
2. **Информационная модель здания (ВІМ):** архитектурная информационная модель; конструктивная информационная модель; информационная модель инженерных систем; информационная модель автоматизации здания; информационная модель безопасности объекта.
3. **Информационная социотехническая модель территории:** транспортная модель; модель поведения людей при ЧС; модель инвестиционной привлекательности территории; другие модели
4. **Расчетные модели:** модель транспортных потоков; гидравлические модели (городских инженерных сетей, водоемов и рек, других сетей); аэродинамическая модель города; модель комфортности среды (здания, территория); модель энергоэффективности; экологическая модель; другие модели.

Одновременно с этим информационная модель города должна масштабироваться от квартала до уровня городской агломерации. Исходя из этого в качестве базового элемента моделирования городской информационной модели был выбран кадастровый участок, так как это самая малая юридически-значимая кадастровая единица. Такое деление позволяет детализировать информационную модель вглубь до уровня элемента здания и агрегировать посредством объединения в кадастровые кварталы и т.д.

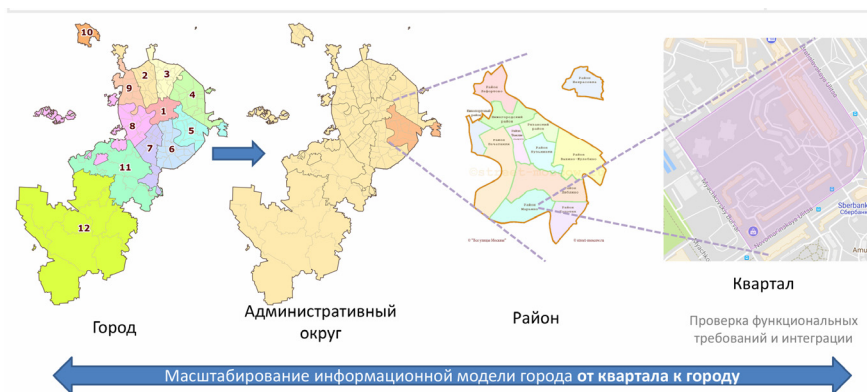


Рис. 2. Принцип масштабирования городской информации

Для сопоставления концепции умного города с существующими городами была сформирована технологическая архитектура города, которая состоит из пяти уровней: Объект и городская инфраструктура, Телекоммуникационная инфраструктура, Системный уровень, Сервисный уровень, Кли-

ентский уровень. Учитывая общую направленность к переходу на цифровую экономику была разработана схема, которая демонстрирует связь с традиционной экономики, цифровой экономики с технологической архитектурой города (рис. 3).



Рис. 3. Взаимосвязь технологической архитектуры города с цифровой экономикой

Исходя из технологической архитектуры города была предложена концепция управления городскими информационными моделями, которая представлена на рис. 4.



Рис. 4. Концепция управления городскими информационными моделями.

Такой подход позволяет обеспечить связь между городскими услугами и городской инженерной и информационно-коммуникационной инфраструктурой города.

Для обеспечения интероперабельности и управления знаниями в данной предметной области сформирована онтология умного города на языке OWL.

Полученная информационная модель позволяет проводить анализ городской среды с различных точек зрения, используя как привычные методы ГИС (геопроессинг), так и стандартные подходы к моделированию социотехнических систем, подходы имитационного моделирования и различные методы численного моделирования физических систем. Такой подход позволяет не только собирать ежесекундно создаваемые умным городом данные, но строить адекватные прогнозы развития городской среды с учетом потребностей различных заинтересованных сторон.

Выводы

Предложенная концепция построения управления городскими информационными моделями позволяет проводить комплексный анализ и расчеты объектов ЖКХ в рамках городской информационной модели. Это обеспечивает возможность комплексного анализа городской инфраструктуры с учетом различных социально-технических аспектов.

Библиографический список

1. Волков А.А., Намиот Д.Е., Шнеппе М.А.Ш. О задачах создания эффективной инфраструктуры среды обитания 2011.
2. Громов А.И., Фляйшман А., Шмидт В. Управление бизнес-процессами: современные методы / А.И. Громов, А. Фляйшман, В. Шмидт, Москва: Юрайт, 2016. 368 с.
3. Кабанов С.С., Пыжов Д.О., Макаров М.П. Основные понятия и принципы системного управления технико-экономическим развитием предприятия Пермь: Зебра, 2015. 180–183 с.
4. Медведев А.В., Медведева Л.Н. Использование успешных международных практик в стратегии развития промышленно развитых средних и моногородов // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2016. № 34 (1). С. 55–61.
5. Chaturvedi K., Kolbe T.H. Integrating Dynamic Data and Sensors With Semantic 3D City Models in the Context of Smart Cities // ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2016. № October (IV-2/W1). С. 31–38.
6. CITYkeys CITYkeys indicators for smart city projects and smart cities 2017.
7. Dk L.U. [и др.]. Smart cities – A ranking of European medium-sized cities. Final results. Smart cities – A ranking of European medium-sized cities. List of factors and indicators.
8. For A. Building a Smart Madison for Shared Prosperity 2016.
9. Giffinger R. Smart cities Ranking of European medium-sized cities // October. 2007. № October (16). С. 13–18.

10. Group N.C.P.S.P.W. Framework for Cyber-Physical System // 2016. № May. 266 с.
11. Kolbe T.H. Smart Models for Smart Cities – City System Modeling 2015. № November.
12. Komninos N. [и др.]. Smart City Ontologies: Improving the effectiveness of smart city applications // Journal of Smart Cities. 2015. № 1 (1). С. 31–46.
13. Naphade M. [и др.]. Smarter cities and their innovation challenges // Computer. 2011. № 6 (44). С. 32–39.
14. Pflügler C. [и др.]. A Concept for the Architecture of an Open Platform for Modular Mobility Services in the Smart City // Transportation Research Procedia. 2016. (19). С. 199–206.
15. Protić D., Nestorov I., Vučetić I. 3D Urban Information Models in making a smart city – the i-SCOPE project case study // Geonauka. 2014. № 3 (2). С. 12–16.
16. Smart P.D., Quinn J.A., Jones C.B. City model enrichment // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2011. № 2 (66). С. 223–234.
17. Weiser M. That you will come to know // 1994.
18. Zheng Y. [и др.]. Urban Computing // ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology. 2014. № 3 (5). С. 1–55.
19. Локальные элиты в малых городах – Новости – Научно-образовательный портал IQ – Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» [Электронный ресурс]. URL: <https://iq.hse.ru/news/177669507.html> (дата обращения: 13.05.2017).
20. ГОРОД как социокультурное явление исторического процесса под ред. В.Л. Глазычев [и др.], Москва: Наука, 1995. 351 с.
21. Онтологические модели для систем управления электроснабжением олимпийских объектов в сочи 2014. № 11 (1). С. 6–23.

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОГНОЗЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ

*Великонская М.К., магистр 2-го курса 5 группы ИИЭСМ
Научный руководитель – Берлинов М.В., проф., д-р. техн. наук*

Для обеспечения надёжности и безопасности здания в процессе эксплуатации должны выполняться техническое обслуживание, эксплуатационный контроль, текущий ремонт зданий и сооружение.

Под техническим состоянием зданий, сооружений понимаются поддержание параметров устойчивости, надёжности зданий, сооружений, а также исправность строительных конструкций, систем инженерно-технического обеспечения, сетей инженерно-технического обеспечения, их элементов в соответствии с требованиями технических регламентов, проектной документации [1].

Техническая эксплуатация здания направлена на:

- безотказную работу конструкций здания;
- выявление неполадок инженерных систем и устранение их;
- поддержание санитарно-экологических условий;
- повышение уровня благоустройства здания;
- проведение своевременных ремонтов здания.

Безотказность – это свойство сохранять работоспособность при определённых условиях эксплуатации в течении определённого времени без перерывов на ремонт [2].

При обследовании зданий, для выявления дефектов, выполняют визуальный и инструментальный осмотр конструкции. Но, к сожалению, не всегда это делают вовремя, поэтому наступление отказа конструкции может привести к затруднительной работе системы здания и даже к авариям.

Долговечность – это понятие надёжности эксплуатируемых конструкций, способность конструкции к длительной эксплуатации при необходимом обслуживании.

Долговечность железобетонных конструкций зависит от:

- физико-механических свойств материалов;
- методов расчёта конструкций, конструктивных решений;
- строительно-технологических решений по возведению конструкций;
- случайных воздействий окружающей среды, в которых эксплуатируется здание или сооружение [2].

Для улучшения физико-механических свойств материала применяют более современные улучшенные материалы. Например, сейчас на рынке стала популярна композитная арматура. Она стойка к коррозиям, имеет более лёгкий вес, но, к сожалению, очень хрупкая и имеет высокую стоимость, поэтому иногда её просто не целесообразно использовать.

Методы усиления конструкций при реконструкции зданий и сооружений являются очень важной частью при эксплуатации. Например, применение буроналивных свай позволяют усилить конструкцию без вскрытия грунта, а это достаточно удобный способ усиления фундаментов на уже застроенных территориях.

Но, к сожалению, случайные воздействия окружающей среды при эксплуатации здания спрогнозировать не всегда возможно. Поэтому и существует такая острая проблема, как более верно спрогнозировать срок службы и долговечность объекта.

Основные подходы для прогноза срока службы и долговечности здания:

- общий метод (основан на экспертном мнении, опыте строительства и эксплуатации);
- метод прогнозирования, основанный на сравнении эксплуатационного качества;
- методы, в которых используется практические положения теории надёжности и методов математической статистики;
- методы математического моделирования, основанные на физике и химии деградиционных процессов;
- методы строительной механики железобетонных конструкций, взаимодействующих с агрессивной средой;
- методы механики разрушения (суть данного метода в оценке долговечности конструкций, в основе которых лежит механика разрушений и метода конечных элементов) [2].

Для получения более точных результатов эти методы в основном используются комплексно.

Наиболее точно характеризует работу конструкции во времени метод, основанный на методе конечных элементов.

Метод конечных элементов (МКЭ) — это численный метод решения дифференциальных уравнений в частных производных, а также интегральных уравнений, при решении задач прикладной физики. Метод широко используется для решения задач механики деформируемого твёрдого тела, теплообмена, гидродинамики и электродинамики. В основе МКЭ лежат две главные идеи: дискретизация исследуемого объекта на конечное множество элементов и кусочно-элементная аппроксимация исследуемых функций [3].

Естественно аналитически расчёты по методу конечных элементов выполнять сложно, но на основе этого метода сейчас существует множество программных комплексов, которые позволяют выполнить расчёт конструкции и задать наиболее точные условия строительства.

Таким образом, при эксплуатации зданий и сооружения применение численного моделирования, позволит ускорить процесс выявления отказов, спрогнозировать влияние агрессивных воздействий на здание и спрогно-

нозировать случайные факторы, которые отрицательно повлияют на объект.

Сейчас существует множество программных комплексов, которые могут подобрать наиболее выгодные и качественные конструкции в различных условиях.

На примере программного комплекса «Plaxis» рассмотрим пример расчёта осадки свай «Фундекс». Сваи «Фундекс» – это буровые сваи, которые погружают без извлечения грунта, за счёт его вытеснения ввинчиваемой стальной инвентарной трубой.

В программном комплексе задаются материалы, геологические и гидрогеологические характеристики, а также задаются действующие нагрузки на конструкцию (рис. 1, 2).

Выбор типа, формы и размера конечного элемента (КЭ) зависит от вида напряжённо-деформированного состояния, формы и нагрузки исследуемого тела. Размеры сетки конечных элементов тоже можно выбирать, чем мельче сетка, тем более точны результаты решения (рис. 3).

Осадка свайного фундамента – 21 мм, что не превышает предельного значения – 12 см [4]. Разность осадок свайного фундамента равна 0,0012, что не превышает допустимого значения – 0,0024 (рис. 4).

Также в данной программе можно спрогнозировать влияние нового строительства на уже существующие здания. Далее представлена заданная модель. В данной модели к существующему зданию была возведена пристройка и оценено ее влияние на развитие осадки существующего здания и другие показатели, такие как прогибы, воздействие поперечных и продольных сил.

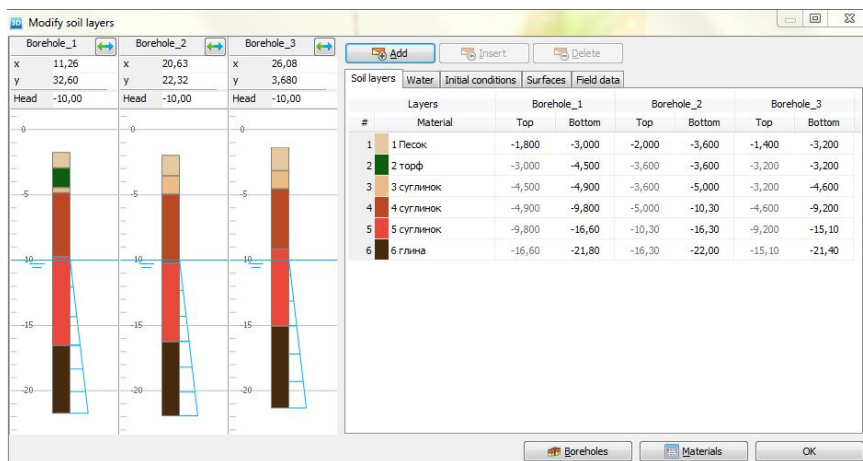


Рис. 1. Задание условий площадки

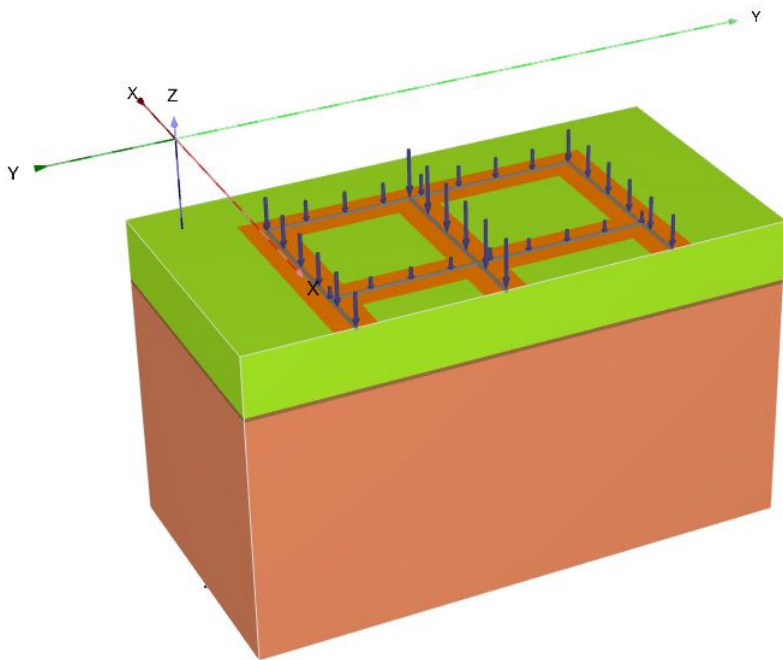


Рис.2. Расчётная схема в программе

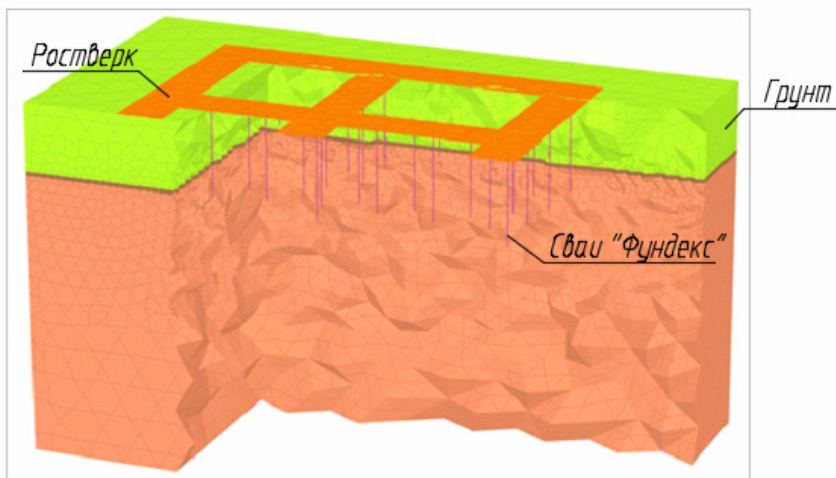


Рис. 3. Конечно-элементная модель системы «основание-фундамент-здание»

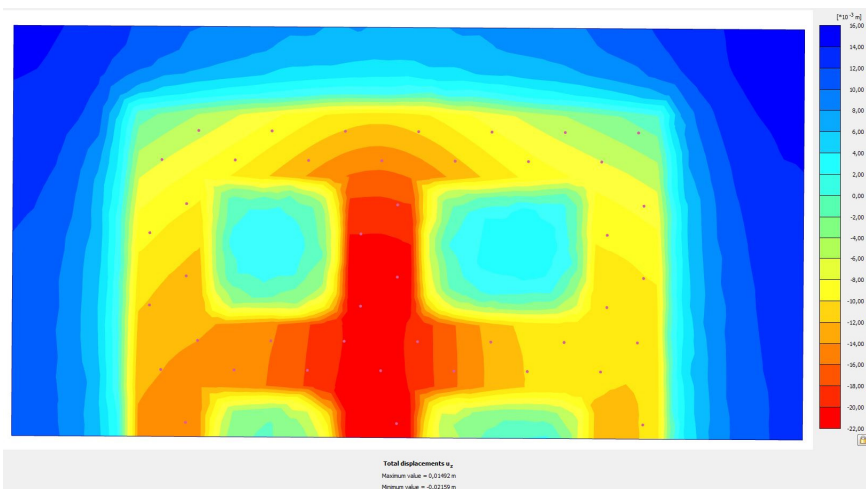


Рис. 4. Схема осадки свайного фундамента

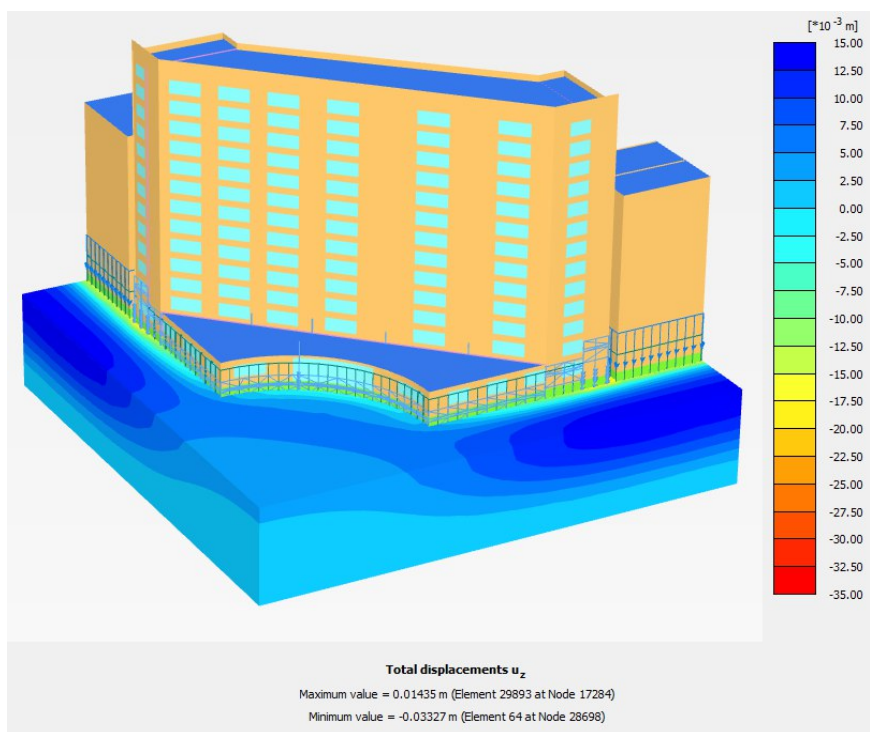


Рис. 5. Результаты расчета осадки

Таким образом, эти программные комплексы дают наглядную картину распределения нагрузок, осадки фундаментов и других показателей, а также это приводит к сокращению времени на проектирование объектов. Модель в данных программах можно унифицировать, так как в нашей стране развито типовое строительство, то есть при расчете других зданий и сооружений необходимо только менять характеристики грунтов, материалов и возводимых фундаментов.

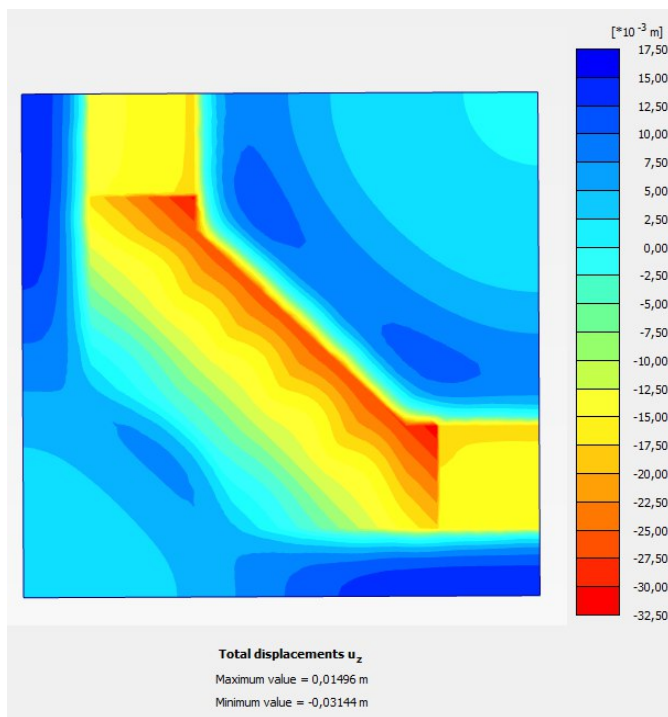


Рис. 6. Распределение осадки фундамента в плане

Библиографический список

1. Градостроительный кодекс РФ, статья 55.25.
2. Пухонто В.И. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений, Москва АСВ, 2004. – 424 с.
3. Фокин В.Г. Ф 75 Метод конечных элементов в механике деформируемого твёрдого тела: Учеб. пособие / В.Г. Фокин. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 131 с.
4. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83. М.: Минрегион РФ, 2011. 161 с.

5. Современные свайные технологии: Учебное пособие/ Р.А. Мангушев, А.В. Ершов, А.И. Осокин; 2-ое изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во. АСВ, 2010. – 240 с.
6. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85. М.: Минрегион РФ, 2011. 81 с.
7. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. М.: Минрегион РФ, 2011. 86 с.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ МНОГОСЛОЙНОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТЫ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ВЬЕТНАМА

Ву Динь Тхо, аспирант 1 курса ИИЭСМ

Нгуен Чонг Чык, аспирант 1 курса ИГЭС

Дам Хыу Хынг, магистр 2 курса ИГЭС

Научный руководитель – Король Е.А., проф., д.т.н.

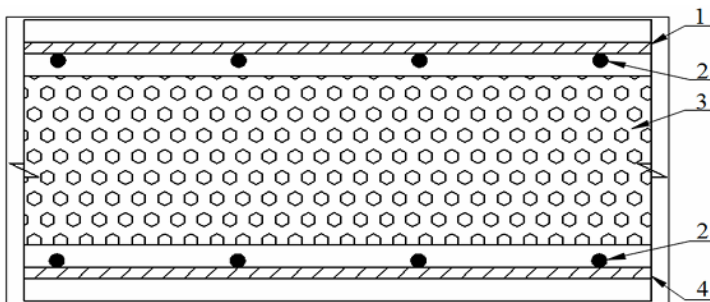
Введение. Вьетнам расположен в области субэкваториального муссонного климата, но в силу большой протяженности страны с севера на юг, климатические условия на её территории несколько различаются. Зима на юге жаркая (26°C), на севере прохладная (15°C), температура воздуха иногда понижается до 1°C из-за проникновения холодного воздуха из Китая. Летом во Вьетнаме, самая высокая температура может быть достигнута 41°C с учетом влияния солнечной радиации. Так что сооружения подвергаются большому количеству тепла из солнечной радиации, особенно в плите покрытия. По традиционным методам производства, применяют обычные железобетонные плиты, производство работ, в котором используется гидроизоляция, водоотведение увеличивает трудоемкость. На сегодняшний день, появились множества новых материалов, конструкции со способностью высокой теплоизоляции и упрощением в процессе производства работ. Одним из таких решений является многослойная железобетонная плита с использованием теплоизоляционного материала из полистиролбетона. Такая конструкция имеет ряд преимуществ: легкости, среднего слоя из материалов с низкой теплопроводности, и структурной прочности. Необходимо оценивать способность теплопередачи в климатических условиях Вьетнама.

Существуют теоретические и эмпирические формулы для решения задач теплопередачи в многослойной железобетонной плите. Метод конечных элементов, с помощью которого проводятся моделирование и анализ теплопередачи, применяется во Вьетнаме.

Объект использования – теплопередача в многослойной железобетонной плите с использованием полистиролбетона в качестве теплоизоляционного материала.

Материалы и методы: структура многослойной железобетонной плиты состоит из 3-х слоев, в которых заключаются 2 наружных бетонных слоя и средний слой из теплоизоляционного материала (рис. 1).

Авторы анализируют теплопередачу в многослойной железобетонной плите с помощью комплексно – компьютерной программы ANSYS, которая представляет собой одну из современных программ, и позволяет пользователям вводить необходимые данные, например: толщину, физико-механические характеристики и др. Так что получают результаты, приближенные к эмпирическим результатам.



1- Верхний слой из бетона толщиной 0,05м ; 2-Арматура ;
3- Средний слой из пористобетона
толщиной 0,15м ;
4- Нижний слой из бетона толщиной 0,05м.

Рис. 1. Структура многослойной железобетонной плиты

Уравнение теплопередачи в многослойной железобетонной плите [1]:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial t}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial t}{\partial z} \right) = \rho c \frac{\partial t}{\partial \tau},$$

где: $t(x,y,z,t)$ – температура в координатах (x,y,z) в момент времени t ;
 k_x, k_y, k_z – коэффициенты теплопроводности бетона по осям x,y,z ;
 c – удельная теплоемкость; ρ – плотность.

В рамках исследования авторы использовали комплексно-компьютерную программу ANSYS ADPL для решения задач температурного состояния и термонапряжения. Основные шаги в решении задач:

Шаг 1: Ввод данных материалов (модуля деформации, коэффициента теплопроводности, коэффициента теплового расширения, удельного веса и т.п.).

Шаг 2: Ввод параметров окружающей среды (температур окружающей среды, граничных температур, коэффициента конвективной теплопередачи, функции гидратации цемента).

Шаг 3: Моделирование.

Шаг 4: Ввод граничных условий.

Шаг 5: Решение.

Шаг 6: Результаты.

Исходные данные для решения задачи распределения температуры в многослойной железобетонной плите с распределением температуры в однослойной железобетонной плите под влиянием температуры окружающей среды берутся в момент, когда температура среды достигнет максимального значения с учетом солнечной радиации. Данные параметры: пролет $L = 6$ м; ширина 1,2 м и толщина 0,25 м. Толщины первого и третьего слоев 0,05 м. Толщина второго слоя (среднего слоя) 0,15 м.

Максимальная температура окружающей среды во Вьетнаме (на севере) в июне: 41°C. Для учета влияния солнечной радиации в расчете, следует

добавить 3,5°C в температуру наружного воздуха. Внутренняя температура воздуха в помещении принимается 25°C. Железобетон: плотность $\rho = 2400 \text{ кг/м}^3$; Коэффициент теплопередачи: $k = 251,4 \text{ кДж/м}^{\circ}\text{С.д}$; Удельная теплоемкость: $C = 1,12 \text{ кДж/кг.}^{\circ}\text{С}$; (коэффициент теплопроводности $\lambda = kC\rho \text{ [Вт/(м.}^{\circ}\text{С)]}$);

Средний слой: плотность $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$; коэффициент теплопередачи: $k = 2,5 \text{ кДж/м.}^{\circ}\text{С.д}$; удельная теплоемкость: $C=1,210 \text{ кДж/кг.}^{\circ}\text{С}$; коэффициент конвективной теплопередачи между бетоном и воздухом – $1210 \text{ кДж/м}^2\text{.д.}^{\circ}\text{С}$

Полученные результаты распределения температуры показаны на рис. 2 и 4.

Из результатов анализа показано следующее:

- из-за того, что пролет и ширина плиты намного больше толщине плиты, температура передается существенно по пролету;
- распределение температуры по трем слоям является линейным;
- температура под нижней поверхностью 3-го слоя (нижнего слоя) плиты изменяется не значительно с помощью второго слоя (среднего слоя) с низкой теплопроводностью (25,26°C);

Для выяснения преимуществ теплоизоляций между многослойной железобетонной плитой с использованием теплоизоляционного материала и обычной однослойной железобетонной плитой, авторы анализируют теплопередачу в обычной однослойной плите с исходными данными так же как исходные данные для задачи теплопередачи в многослойной железобетонной плите со средним слоем из обычного бетона. Железобетон: плотность 2400 кг/м^3 ; коэффициент теплопередачи: $k=251,4 \text{ кДж/м.}^{\circ}\text{С.д}$; удельная теплоемкость: $C=1,12 \text{ кДж/кг.}^{\circ}\text{С}$.

Полученные результаты распределения температуры показаны на рис. 3 и 5.

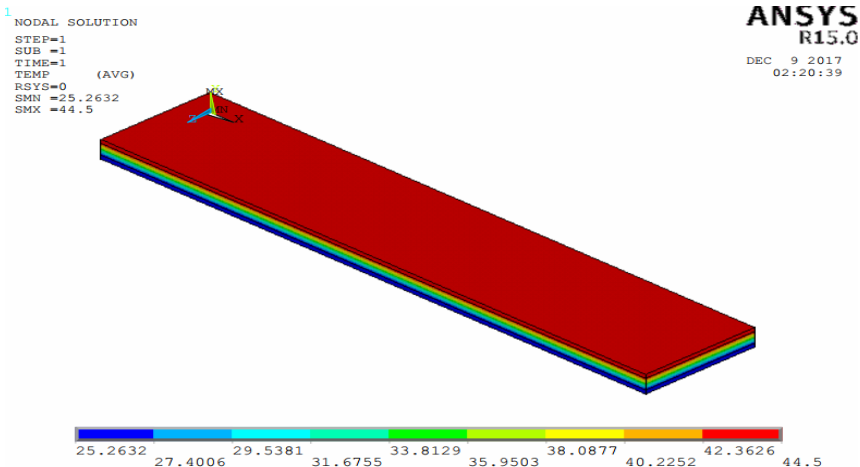


Рис. 2. Распределение температуры в многослойной железобетонной плите

1
 NODAL SOLUTION
 STEP=1
 SUB =1
 TIME=1
 TEMP (AVG)
 RSYS=0
 SMN =33.8428
 SMX =44.5

ANSYS
 R15.0
 DEC 9 2017
 02:29:22

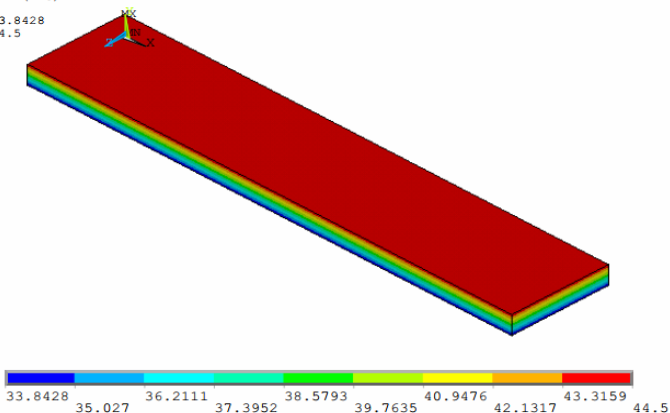


Рис. 3. Распределение температуры в обычной однослойной железобетонной плите

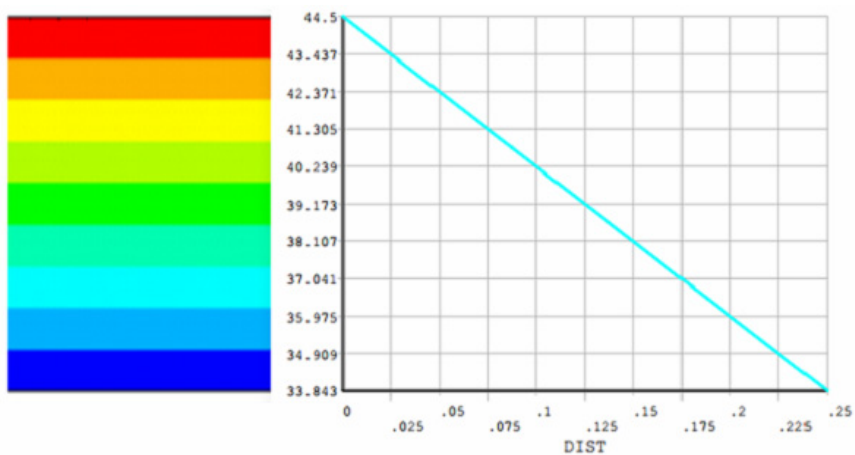


Рис. 4. Распределение температуры в среднем слое по толщине плиты

Полученные результаты показывают, что:

- распределение температуры в плите по толщине является линейным.
- температура под нижней поверхностью нижнего слоя (3-го слоя):

33,84°C.

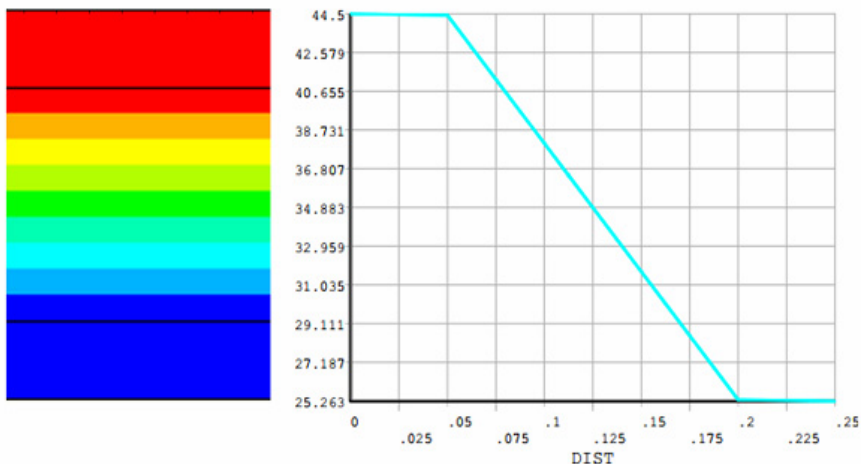


Рис. 5. Распределение температуры в плите по толщине

Выводы:

Решение задачи определения температурного поля в одно и многослойной железобетонной плите является основой для подхода к решению задачи определения температурного поля железобетонной плиты, находящейся под температурными нагрузками.

Применение многослойной железобетонной плиты имеет существенные преимущества в теплоизоляции от высокой температуры наружного воздуха. Температура под поверхностью нижнего слоя плиты составляет 25,26°С и соответствует требованиям для температурно-климатических условий Вьетнама.

Перспективы исследования:

Необходимо исследовать особенности работы многослойной железобетонной плиты, находящейся под воздействием высоких температур и связанные с этим изменения физико-механических характеристик теплоизоляции во времени. Полученные результаты служат основой для выбора материалов каждого слоя, которые гарантируют надежные эксплуатационные качества.

Библиографический список

1. Александровский С.В. Расчет бетонных и железобетонных конструкций на изменения температуры и влажности с учетом ползучести // М.: Стройиздат, 2-е издание. 1973. 432 с.
2. Король Е.А., Бугаев Р.И. Сокращение топливно-энергетических ресурсов при возведении жилого комплекса // Сборник трудов XX Междуна-

родной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных. М.: Изд. МИСИ–МГСУ, 2017. С. 928-929.

3. Король Е.А., Харькин Ю.А. Особенности формирования теплоизоляционного слоя при возведении монолитных многослойных наружных стен // Естественные и технические науки. 2014. № 11-12. С. 407-409.

4. Korol E., Shushunova N. Benefits of a modular green roof technology // Procedia engineering, 2016. V. 161. 2016. P. 1820-1826.

5. Король Е.А., Комиссаров С.В., Давидюк А.А., Король О.А., Барабанова Т.А. Разработка и построение графиков строительных работ по дисциплине «Технология и организация строительства объектов городской инфраструктуры и ЖКК», 2016. М.: Изд. МИСИ-МГСУ. 24 с.

6. А.А. Афанасьев, Е.А. Король, П.Б. Каган, С.В. Комиссаров, А.В. Зуева. Технологические особенности возведения высотных зданий // Вестник МГСУ, 2011. № 6. С. 369-373.

7. Roland W. Lewis, Perumal Nithiarasu, Kankanhalli N. Seetharamu, Fundamentals of the Finite Element Method for Heat and Fluid Flow // John Wiley & Sons Ltd, 2004. 341 p.

8. ANSYS 15.0 Help, Thermal Analysis Guide - Режим доступа: <http://www.ansys.com>.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОГРАММЫ РЕНОВАЦИИ В МОСКВЕ С УЧЕТОМ ПРОШЛОГО ОПЫТА

*Гайдышева Ю.В., аспирант 1 года обучения, каф. ЖКК
Научный руководитель Король Е.А. – проф., д.т.н.*

Программа реновации жилого массива в Москве проводится не в первый раз, однако, вторая волна этой программы значительно масштабнее предыдущей. Принятие решения о проведении данной программы обусловлено двумя факторами: техническое состояние зданий, не предусматривающих проведение капитального ремонта и неуклонный рост населения, вынуждающий наращивать интенсивность застройки на территории Москвы. Официальным стартом программы стало подписание Федерального закона № 141 – ФЗ «О внесении изменений в закон Российской Федерации «О статусе столицы Российской Федерации» и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части установления особенностей регулирования отдельных правоотношений в целях реновации жилищного фонда в субъекте Российской Федерации – городе Федерального значения Москве». Отбор домов, подпадающих под программу реновации, осуществлялся путем голосования жителей домов старого фонда, на сегодняшний момент включает в себя 5144 дома, расположенных во всех округах Москвы.

Предшествующая программа реновации затронула 6 млн. квадратных метров жилья из 20 млн. запланированных квадратных метров, что стало первым опытом такого процесса в нашей стране. Ветхое жилье нуждалось в сносе и не подлежало капитальному ремонту, а срок эксплуатации зданий как раз подходил к концу. Программа реновации сразу заинтересовала инвесторов и девелоперов, поскольку высвобождались огромные площади в центре города, однако, такая точечная застройка лишила город органичной и пластичной застройки, что повлияло на развитие инфраструктуры и неравномерный спрос на недвижимость у отдельных слоев населения.

Опыт прошлых лет показывает, что к решению возникающих задач подходить надо комплексно, поскольку искоренить планировочные и проектные ошибки практически невозможно. Главное отличие новой программы реновации от ранее проводимой заключается в том, что сносятся не конкретные серии домов, а освобождается территория комплексно. Такой подход позволяет не только увеличивать ТЭПы на одном объекте, но и создавать инфраструктуру, пользующуюся спросом у потребителей. Программа, проводившаяся в 1999 году, подразумевала детальное регулирование, связанное с уровнем «аварийности» строения, существовали жесткие критерии и основания для сноса. По факту работал индивидуальный подход: для того, чтобы блочный дом или даже серия были признаны аварийными, должно было быть выполнено много технических условий, рассматривалось, какой уход осуществлялся за домом, был ли капитальный и текущий ремонт, какова ситуация с точки зрения экологии, эрозийных процессов в здании. После положительной экспертизы в процесс реновации включался

частный девелопер, который сносил дом и строил мобильный фонд для переселения жителей.

Также существенной разницей между двумя программами реновации является переселение не «дом в дом», а переселение с возможностью выбора жилищных условий. Такой тип реновации говорит о совершенствовании организационно-технологической модели строительства, что позволяет ускорять данный процесс, не привлекая дополнительных ресурсов. Генеральный план и ПЗЗ разрабатываются на базе транспортного, социального-экономического, экологического анализа ситуации и выступают как инструмент градорегулирования. Подписанный закон от 1 июля 2017 года позволяет этот инструмент как таковой снять и ставит под вопрос функционирование города как системы. Важно учитывать не только текущую ситуацию, но и прогнозировать загруженность инфраструктуры на несколько лет вперед.

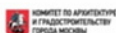
В качестве примера такого исследования можно привести Постановление города Москвы №566 от 25 июля 2000 года «О проведении историко-архитектурного обследования города Москвы в 2001-2010 годах», включающее в себя следующие направления:

1. Анализ функционального зонирования территории с целью определения функционального назначения территории, классификации функциональных зон;
2. Выявление источников вредного воздействия на окружающую среду непосредственно на территории кварталов;
3. Оценка экологических и санитарно-гигиенических условий реализации намеченной деятельности.

Разработанная для Москвы система градостроительного зонирования, включающая три уровня детализации условий использования территории, позволяет в ходе реализации Генерального плана обеспечить как стабильность укрупненных – стратегических требований, так и гибкость учета конкретизирующих и корректирующих их местных интересов. Содержательную суть проектных предложений Генерального плана составляет переход от экстенсивного развития, в том числе территориального роста, к структурной реорганизации как градоформирующей базы, так и сложившейся территориальной организации.

В связи с тем, что программа реновации первой волны оказалась сильно растянута по времени, Москомархитектура предложила провести данное обследование с перспективой до 2025 года, что является основой для формирования организационно-технологической модели строительства.

При осуществлении данной программы девелоперы руководствовались принципом максимально возможной застройки на минимальной территории, современная программа реновации предусматривает плотную застройку и строительство исключительно в тех районах, где высотность в 20 уровней не повлияет на комфортность планировок. По словам М. Хуснуллина, средняя плотность застройки составит 25 тыс. кв. м на гектар, что соответствует средней текущей плотности застройки.



5

Рис. 1. Изменение микрорайона в процессе реновации.

Производя замену старого жилого фонда комплексно, девелоперы формируют квартал, адаптированный под потребности жильцов. Однако и такой подход имеет ряд недостатков:

1. Программа реновации слишком длительна по срокам;
2. Не учитывает мнение каждого собственника в отдельности, а только абсолютное большинство голосов;
3. Масштаб программы даже при волновом переселении требует огромных материальных и финансовых ресурсов;
4. Требуется ввод дополнительных коммуникаций взамен старых, что увеличивает стоимость строительства.

Более масштабная программа требует от девелоперов более прогрессивного подхода к реализации такого проекта. Так, на заседании штаба по реализации программы, состоявшемся 12 октября под председательством Сергея Собянина было обсуждение внедрения инновационных технологий к строительству домов на освобождаемых площадках.

Пилотные площадки расположены в Восточном, Северо-Восточном, Юго-Восточном, Зеленоградском округах и ТиНАО.

На том же заседании приняли решение о разработке и утверждении стандарта использования информационно-коммуникационных технологий, сетей 5G и технологий «Умного города» при проектировании и строительстве многоквартирных домов в рамках программы. Ожидается, что нововведения позволят повысить уровень комфорта москвичей, совершенство-

вать систему управления и взаимодействия государства с бизнесом, а также повысить качество работы городских коммунальных служб.

Переселение жителей должно осуществляться с сохранением их прав. Федеральный закон № 141 – ФЗ «О внесении изменений в закон Российской Федерации «О статусе столицы Российской Федерации» и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части установления особенностей регулирования отдельных правоотношений в целях реновации жилищного фонда в субъекте Российской Федерации – городе Федерального значения Москве» предоставляет жителям 21 гарантию, в том числе освобождение от уплаты взноса в фонд капитального ремонта и гарантию от выселения в момент переселения из ветхого жилья и переезд в новый дом. Так же Правительство города Москвы предоставляет дополнительные гарантии, закрепленные в Законе г. Москвы № 14 от 17.05.2017 «О дополнительных гарантиях жилищных и имущественных прав физических и юридических лиц при осуществлении реновации жилищного фонда в городе Москве».

Программа реновации прошлых лет позволяет избежать таких ошибок, как длительное ожидание постройки нового жилья и точечную застройку территории. В представленной таблице приведены основные отличия программ реновации Москвы.

Таблица 1

Программа сноса пятиэтажных домов первого периода индустриального домостроения	Программа реновации города Москвы от 1 июля 2017 года
Срок реализации с 1999 года по настоящее время	Срок реализации 2017 – 2032 гг.
Включено 1722 дома	Включено 5144 дома
Сносимая площадь около 6,3 млн. кв. м	Сносимая площадь около 16 млн. кв. м
Расположено около 25 тыс. квартир	Расположено около 350 тыс. квартир
Проживало около 540 тыс. жителей	Проживает 1,6 млн. жителей

Сравнительный анализ реновации в Москве показывает, что масштаб программы многократно увеличился и требует внедрения инновационных технологий к подходам как проектирования, так и всей организационно-технологической модели в целом.

Библиографический список

1. Федеральный закон № 141 – ФЗ «О внесении изменений в закон Российской Федерации «О статусе столицы Российской Федерации» и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части установления особенностей регулирования отдельных правоотношений в целях реновации жилищного фонда в субъекте Российской Федерации – городе Федерального значения Москве» от 1 июля 2017 года

2. Закон г. Москвы № 14 от 17.05.2017 «О дополнительных гарантиях жилищных и имущественных прав физических и юридических лиц при осуществлении реновации жилищного фонда в городе Москве»
3. Постановление города Москвы №566 от 25 июля 2000 года «О проведении историко-архитектурного обследования города Москвы в 2001-2010 годах»
4. Баевский О.А. Новый генеральный план Москвы: особенности состава, содержания и путей реализации // Недвижимость и инвестиции. Правовое регулирование №9 (19) 2004 г.
5. Кивилев В.В. Реновация жилищного фонда: анализ состояния и механизмов финансирования // Материалы конференции Молодежь, наука, технологии: новые идеи и перспективы (МНТ-2016) Томск, 22-25 ноября 2016 г.
6. Римшин В. И., Филимонова И.И. Реновация жилой застройки и анализ экологической ситуации Пресненского района ЦАО г. Москвы // Вестник ИРГТУ №9 (92) 2014 г.
7. Официальный сайт Мэра Москвы [Электронный ресурс]. – М.: Режим доступа: <https://www.mos.ru/city/projects/renovation/> свободный.
8. Официальный сайт Архсовета Москвы [Электронный ресурс]. – М.: Режим доступа: <http://archsovet.msk.ru/article/konkursy/> свободный.
9. Официальный сайт Комплекса градостроительной политики и строительства города Москвы [Электронный ресурс]. – М.: Режим доступа: <https://stroimsk.ru/news/v-programmu-rienovatsii-v-moskve-vkliucheno-5144-doma-khusnullin> свободный.

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЁТОМ ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА

*Григорьян А.Г., аспирант 4-го курса ИИЭСМ,
Власенко С.С., магистр 2 курса ИИЭСМ
Научный руководитель – Берлинов М.В., проф., д.т.н.*

Методология исследования долговечности с учетом физического износа основана на направлении в теории прочности железобетона диаграммно-энергетическом подходе, предложенным В.М. Митасовым, который в 1989 году выступил с докладом «Основы энергетической теории сопротивления железобетона». Выдающиеся советские ученые, впоследствии его поддержавшие: Н.А. Белелюбский, А.Ф. Лолейт, С.А. Дмитриев, А.А. Гвоздев, В.И. Мурашев, Н.В. Никитин, В.Н. Байков, В.М. Бондаренко, Н.И. Карпенко и многие др.

Долговечность бетона характеризуется его способностью длительное время выдерживать различные воздействия без существенных изменений его структуры и физико-механических свойств. Существование бетона есть непрерывный процесс и поэтому его свойства, в том числе и прочность, меняются непрерывно.

Предел длительной прочности по существу определяется характером структурных дефектов, вызванных длительно действующей нагрузкой. Если эти дефекты не исчезают во времени - предел длительной прочности превзойден, если же они исключаются любым способом - бетон может неограниченно долго сопротивляться действующим напряжениям.

Под воздействием внешней нагрузки в структуре бетона возникает сложное напряженное состояние, что обусловлено, прежде всего, существенными различиями в механических свойствах элементов его структуры - матрицы и заполнителя. В теле бетона возникают микротрещины, приводящие к нарушению плотности и активному развитию физического износа и снижению сроков эксплуатации или длительной прочности (долговечности) [2, 4].

Главной особенностью цементного камня является его капиллярно-пористая структура и общий объем пор в цементном камне даже плотных бетонов составляет 20-30% объёма самого камня.

Высокая пористость определяет возможность миграции воды в структуре бетона, а вместе с водой мигрируют растворенные соли, газы и другие агрессивные вещества.

Изменение степени заполнения пор водой существенно отражается как на монолитности конструкции, так и на скорости и глубине развития коррозии. Все поры в цементном камне разделяют на три группы и представлены на рис. 1.

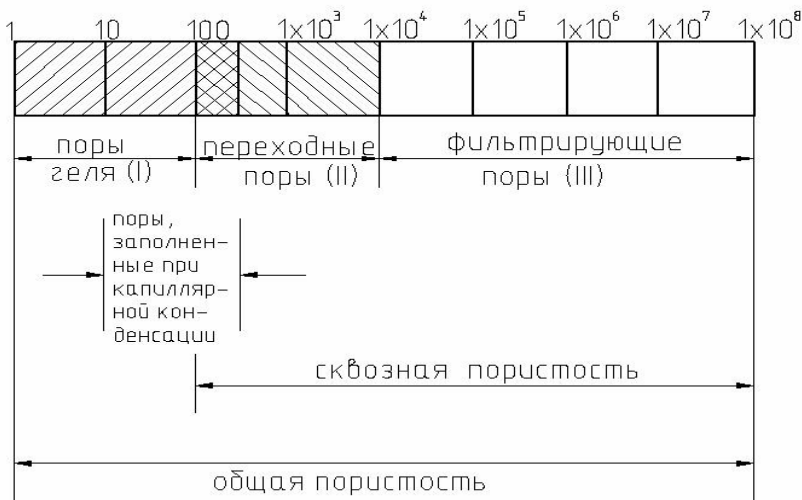


Рис. 1. Классификация пористости.

Построение расчетной модели основано на диаграммах деформирования бетона и арматуры. Используются предпосылки для силового сопротивления бетона строительных конструкций внешним воздействиям:

- устойчивое, характеризуемое монотонным затуханием во времени коррозионных повреждений при эксплуатационных уровнях внешней нагрузки;
- неустойчивое, характеризующееся быстрым (лавинным) развитием разрушающих процессов, что соответствует высоким уровням нагружения.

Для построения методики расчёта логично ограничиваться первым состоянием. Учёт физического износа, основанного на взаимосвязи скорости и глубины развития коррозии, существенно зависящих от уровня и знака напряженно-деформированного состояния бетона принято по [1].

Гигроскопичность поврежденного бетона коррозией существенно выше, но при сжимающих напряжениях, пористость бетона временно снижается за счёт его уплотнения. При этом скорость развития повреждений постепенно затухает с фиксацией предельной глубины, когда продукты коррозии большинства «закупоривают» поры [3].

При дальнейшем увеличении напряжений сжатия произойдет разрушительная деструктуризация и проницаемость бетона для химагрессоров значительно увеличится, что способствует беспрепятственному дальнейшему продвижению коррозии вглубь бетонного тела.

Расчет прочности изгибаемого элемента с учетом физического износа проведен авторами в среде «Лира», методом линейной аппроксимации и по нелинейной деформационной модели по СП [5], с целью оценки сходимости полученных результатов с экспериментальными данными.

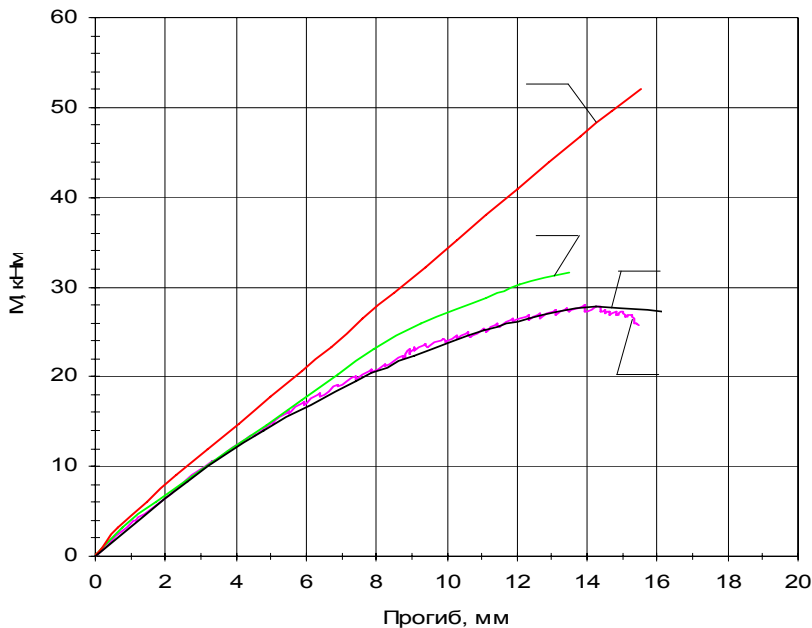
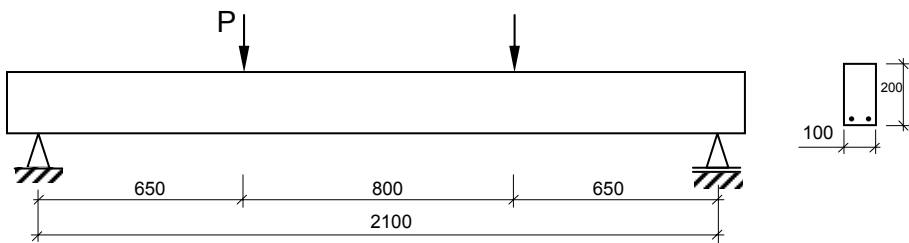


Рис. 2. Графики «момент-прогиб»:

- 1 - экспериментальная кривая; 2 - линейный расчет (аппроксимация);
- 3 - нелинейный расчет по Лире - Windows (экспоненциальная зависимость);
- 4 - кривая, полученная на основе использования реальной диаграммы "σ-ε" бетона.

Как видно на рис. 2 наиболее близко с экспериментами совпадают результаты, полученные на основе диаграмм деформирования для бетона.

Получение бетона высшего качества в прогрессивных технологиях конгломератных материалов становится сегодня важнейшим фактором как в науке, так и в практике производства искусственных материалов и изделий. Известно, что благоприятные строительные и эксплуатационные свойства бетона состоят из: наибольших – прочности и упругости; наименьших – ползучести, пористости и дефектности структуры.

Библиографический список

1. Бондаренко В.М., Творогова М.Н., Исаева Е.М. Практический расчёт силового сопротивления сжатых железобетонных стержней, повреждённых коррозией. Вестник отделения строительных наук РААСН. Выпуск 10. Владивосток. 2006. С.52-56.
2. Берлинова М.Н., Берлинов М.В., Творогов А.В. Энтропийный критерий прочности бетона в строительных конструкциях. Научное обозрение. 2015. №22. С. 162-165.
3. Берлинова М.Н., Творогов А.В. Режимная прочность бетона в строительных конструкциях. Естественные и технические науки. 2015. № 6 (84). С. 530-532.
4. E.A. Korol, M.V. Berlinov, M.N. Berlinova. Kinetics of the strength of concrete in constructions. Procedia Engineering. 292 (2016)
5. СП 52.101.2003 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. 2004

ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ДИСПЕТЧЕРСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КАК ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖИЛОГО ФОНДА

*Гусарова А.А., студент 1-го курса 6 группы магистратуры ИИЭСМм
Научный руководитель – Дементьева М.Е., доц., к.т.н.*

Жилищно-коммунальная сфера имеет ряд проблем, связанных с неэффективным расходом средств и ресурсов, непрозрачностью расчетов по услугам для пользователей и ресурсоснабжающих организаций. Важное место в структуре службы эксплуатации ЖКК занимает объединенная диспетчерская служба, которая позволяет соблюсти общий баланс использования ресурсов на всех уровнях, избежать искажений данных потребления, убытков и спорных ситуаций.

Диспетчерское обслуживание является основным звеном:

- контроля работоспособного состояния инженерного оборудования зданий;

- контроля расходования ресурсов;

- снижение риска аварий и их последствий определяется оперативностью диспетчерского обслуживания;

Следовательно, автоматизация работы диспетчерских служб (ДС):

- снижает риск нарушения безопасности и комфортности при эксплуатации жилищного фонда

- способствует ресурсосбережению;

- повышает социальную, экономическую эффективность обслуживания населения.

Исследования в области автоматизации организации диспетчерского обслуживания в ЖКК позволит сделать данную систему более эффективной с экономической, социальной и информационной стороны [1].

Цель данной статьи – изучение организационной структуры диспетчерского обслуживания в ЖКХ и основных направлений её модернизации, с целью их устранения и повышения эффективности работы.

Задачи, которые были решены в ходе данного исследования:

- анализ роли ДС в структуре эксплуатационного предприятия

- определение показателей эффективности работы ДС

- изучение проблем, снижающих эффективность обслуживания жилого фонда

- обзор современного информационного инструментария, повышающего оперативность диспетчерского обслуживания

Объединенная диспетчерская служба (ОДС) – система, объединяющая информацию о тепло-, водо-, газо-, электроснабжении в единой автоматизированной информационной системе, что позволяет службам коммунального комплекса района действовать скоординировано, повышая общую эффективность управления. Сейчас ОДС – это разветвленная, достаточно хорошо развитая структура, которая имеет устаревшее техническое осна-

шение и огромный потенциал, что обосновывает и возможность, и необходимость ее модернизации.

Предметом исследования является изучение зависимости между характером потока заявок, поступающих в ДС, характеристиками и правилами работы ДС и успешностью (эффективностью) обслуживания.

ОДС в структуре службы эксплуатации представлена на рис. 1.

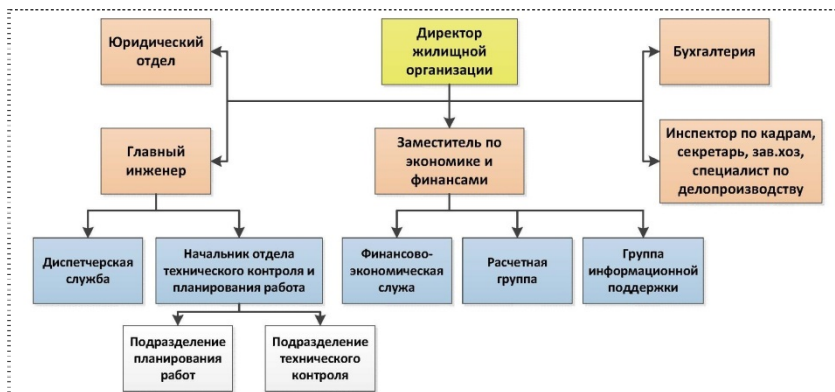


Рис. 1 Структура службы эксплуатации

Организация и порядок работы диспетчерской службы в конкретном хозяйстве определяются соответствующими документами:

1. Положение о диспетчерской службе, в котором отражены ее задачи и место в структуре управления, штаты и должностные инструкции работников, организация диспетчерского учета, назначение и порядок заполнения его форм, графики выхода на связь информаторов отделений, порядок организации и проведения диспетчерских совещаний и т. д.

2. Распорядок работы диспетчерской службы, в котором определено по часам время приема информации от производственных участков, ее обработки и проведения диспетчерских совещаний.

Распорядок рабочего дня диспетчерской службы зависит от напряженности работы в хозяйстве и составляется на летний и зимний периоды.

Эффективность диспетчерской службы во многом определяется организацией ее работы. Важное значение при этом имеют диспетчерское совещание и диспетчерский наряд. В практике сложилась определенная система проведения диспетчерских совещаний и нарядов.

Положения о данной структуре также есть в таких документах [2-4], как:

- ГОСТ Р 56037-2014 Услуги жилищно-коммунального хозяйства и управления многоквартирными домами. Услуги диспетчерского и аварийно-ремонтного обслуживания. Общие требования;
- Постановление Госстроя России от 27.09.2003 N 170 «Об утверждении Правил и норм технической эксплуатации жилищного фонда»;

• Постановление Правительства РФ от 06.05.2011 N 354 «О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов».

В процессе изучения существующих проблем в работе ОДС были выявлены проблемы, на основании которых были определены основные показатели качества ОДС [7, 8].

Таблица 1

Проблемы и формирование показателей качества работы ОДС

Проблема	Показатели качества
Частым отзывом о работе ОДС является низкая оперативность работы службы после подачи заявки жильца. Проблема может возникнуть, как на этапе формирования заявки, так и на этапе её исполнения.	Оперативность
Высокая частота заявок на устранение неисправностей может означать, что общее состояние фонда требует улучшения или исполнение работ проводится некачественно.	Частота заявок
Ошибка на этапах определения содержания заявки и её передачи в соответствующие службы может значительно увеличить стоимость выполнения услуг устранения неисправностей.	Стоимость выполнения
Заявка может быть утеряна или проигнорирована по ряду причин, как на уровне оператора диспетчерской, так и на уровне непосредственного исполнителя.	Безотказность выполнения заявок
Отсутствие возможности связаться с ОДС, несвоевременное выполнение услуг и другие регламентируемые правила работы ОДС.	Соответствие нормативам
Большое число жалоб и обращений населения на жилье, бесплатная возможность реализации жилищных прав и свобод и т.д.	Степень удовлетворенности ЖКХ
Большие очереди, отсутствием понятной системы, неудобный график работы для работающего населения, многократное перенаправление в разные инстанции по одному вопросу и т.п.	Доступность обращения

В 2017 году было разработано приложение, которое стало доступным для пользователей услуг ЖКХ города Москвы. Данная технология называется «Умный житель» [9]. Оно должно помочь решить любые вопросы в сфере жилищно-коммунальных услуг: оплатить означенные услуги, пере-

дать показания счетчиков, найти контакты экстренных служб, вызвать мастера, связаться с управляющей компанией (УК) и найти необходимую и актуальную информацию по ней. Скачать приложение можно бесплатно. Также немаловажным является возможность с помощью данного приложения экономить и оперативно находить возможные ошибки в начислении оплаты за услуги. Анализируя потребление воды, электроэнергии, газа и других ресурсов, пользователь сможет видеть объективную картину. Сервис «Умный житель» можно использовать, как при наличии требуемой УК в базе, так и без нее (в этом случае функционал будет несколько ограничен).

Основные функции, доступные при наличии УК в базе:

- создание и отслеживание заявок на ремонт и обслуживание недвижимости;
- оплата квитанций ЖКХ;
- история платежей ЖКУ;
- передача показаний приборов учёта расхода электроэнергии, воды, газа;
- всегда свежие новости обо всех изменениях от УК;
- оценка работы УК;
- обмен мнениями со своими соседями.

Применение автоматизированных систем в работе диспетчерских служб имеет ряд преимуществ перед малоавтоматизированными организациями, например:

- возможность контроля состояния жилого фонда в режиме реального времени;
- качество и объем информации о состоянии жилого фонда;
- возможность контроля времени выполнения заявки, как со стороны УК, так и со стороны жителя-заявителя;
- контроль некачественного предоставления услуг, или отказа в предоставлении услуги;
- оценка эффективности работы ДС;
- возможность отслеживания количества повторных обращении жителей;
- возможность отслеживания времени, затраченного на оформления обращения жителем.

На данном этапе исследования были выявлены проблемы, существующие в ОДС, критерии оценки эффективности ОДС и проведен сравнительный анализ между неавтоматизированными (или малоавтоматизированными) и автоматизированными ОДС.

Библиографический список

1. Дементьева М.Е. Компьютерные технологии – в основу реформирования ЖКХ / Жилищное строительство (7), 2014, 9 с.

2. Жилищный кодекс Российской Федерации.
3. Постановление Госстроя России от 27.09.2003 N 170 «Об утверждении Правил и норм технической эксплуатации жилищного фонда»
4. Постановление Правительства РФ от 06.05.2011 N 354 «О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов»
5. А.В. Павлов, заместитель начальника Центральной диспетчерской службы, ОАО «Теплосеть Санкт-Петербурга», Роль и возможности оперативно-диспетчерского управления процессами / Режим доступа: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2937
6. «Тиражные решения 1С-Парус», Аварийно-диспетчерская служба / Режим доступа: <https://vgkh.ru/jsk/jkh/screen27/>
7. Дементьева М.Е. Обеспечение качества услуг в жилищной сфере // Жилищное строительство. 2007. № 2. С. 22.
8. Рыженко И.Н. Формирование механизма повышения качества услуг жилищно-коммунального хозяйства. Автореферат, Санкт-Петербург, 2008.
9. «Умный житель» позволяет легко разбираться в нюансах сферы ЖКХ // НИА-Федерация. Режим доступа: [http://www.nia-
rf.ru/news/society/38420](http://www.nia-rf.ru/news/society/38420) , 13.12.2017.

РЕКРЕАЦИЯ ГОРОДСКИХ НАБЕРЕЖНЫХ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К ТЕРРИТОРИЯМ ЖКХ

*Данильченко В.И., аспирант 2-го года обучения кафедры ЖКК
Научный руководитель – Римшин В.И., проф., д.т.н.*

На сегодняшний день, как уникальному и особо интересному для людей месту, особый интерес во всем мире уделяется набережным. Поэтому даже незначительные положительные изменения у берегов водоемов влияют на восприятии качества городской среды.

Проведение исследований, применение новых технологий и креативных методик, а также анализ состояния набережных в г. Москве, как мегаполиса и столицы Российской Федерации просто необходимо для разработки комплексной программы рекреации городских набережных с учётом современных требований, предъявляемых к объектам ЖКХ нуждающимся в благоустройстве.

На основании разработанной методики расчета показателей биотехносферы городов и поселений, подробно представленной в работах [1, 2] на примере территории, прилегающей к Павелецкой и Даниловской набережным в городе Москве (рис. 1), и определив показатели реализации каждой функции (таблица 1), получена диаграмма количественного разделения вклада составляющих инфраструктуры Даниловской набережной в реализацию функций города (рис. 3).



Рис. 1. Воплощение функции города «Взаимодействие с природой» в проекте реконструкции Даниловской набережной:



Рис. 2. Проект реконструкции набережной

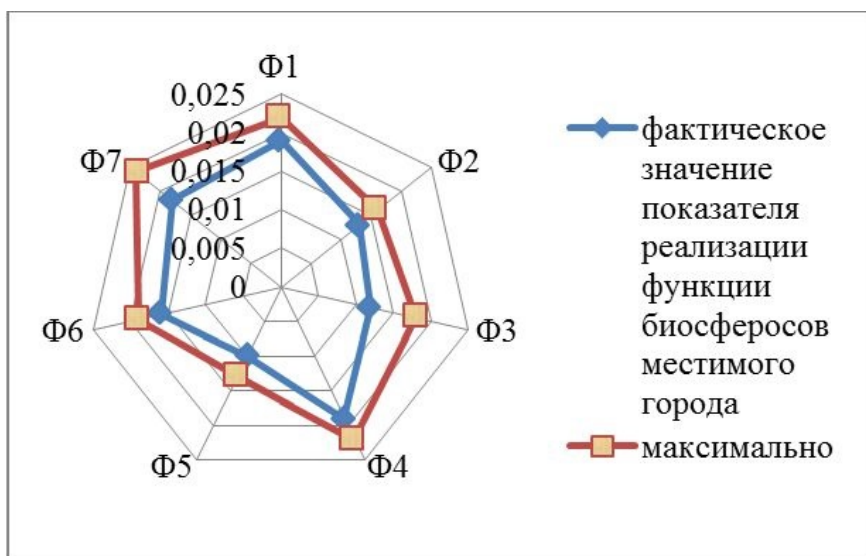


Рис. 3. Диаграмма количественного разделения вклада составляющих инфраструктуры Даниловской набережной в осуществление функций города: Ф₁ – Потребности, Ф₂ – Развлечения и отдых, Ф₃ – Правительство, Ф₄ – Сострадание, Ф₅ – Знания, Ф₆ – Творчество, Ф₇ – Связь с природой.

Показатели реализуемости функций города $\xi_{Фн}$

Функции города	Значения показателя реализации функций города $\xi_{Фн}$
Ф ₁ : Потребности	0,019
Ф ₂ : Развлечения и отдых	0,013
Ф ₃ : Правительство	0,012
Ф ₄ : Сострадание	0,019
Ф ₅ : Знания	0,010
Ф ₆ : Творчество	0,016
Ф ₇ : Связь с природой	0,018

Область рациональных значений на диаграмме складывается из понятия целесообразных надобностей населения, определенных условиями безопасности и комфортности городской среды [3].

Рассмотрев диаграмму количественного разделения вклада составляющих инфраструктуры Даниловской набережной на осуществление функций, направленных на улучшение территориального планирования и управления этой системой для обеспечения комфортной городской среды можно сделать вытекающие выводы.

Средний показатель реализуемости функций составил 68,4 %, а полученные данные позволили спрогнозировать создание городской территории, а также оценить комфортность и безопасность городской среды с точки зрения ее совместимости и внедрения инновационных проектов, что указывает на необходимость в реконструкции рассмотренной набережной. В практическом плане рассмотренная методика может быть полезна по перспективному выстраиванию реконструкции набережных в комплексе с социальными, природно-климатическими, экологическими, экономическими и другими факторами и условиями жизнедеятельности.

Библиографический список

1. Мартысюк Н.А. Особенности организации прибрежных городских территорий рек: опыт стран ближнего и дальнего зарубежья // Вестник Полочкого государственного университета. Новополоцк, УОПГУ, 2015.
2. Блага М.М. Географічні відмінності та шляхи використання рекреаційно-ресурсного потенціалу гірсько-приморських територій Криму: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук: спец. 11.00.02 «Економічна та соціальна географія» / М. М. Блага. 2000. – 19 с.
3. Колбовский Е.Ю. Геоэкологические подходы к проектированию региональных туристско-рекреационных систем // Человек в зеркале современной географии. Смоленск: Изд-во. СГУ, 1996. С. 83-85.

4. Ильичев В.А. Принципы преобразования города в биосферосовместимый и развивающий человека // Промышленное и гражданское строительство. 2010. №6. С. 3-12.
5. Макеева В.С. Теория и методика физической рекреации. Учебное пособие / В.С. Макеева, В.В. Бойко. – М.: Советский спорт, 2014. – 152 с.
6. Шаруненко Ю.М. Рекреационный туризм / Ю.М. Шаруненко. – М.: МАБИВ, 2012. - 104 с.
7. Ильичев В.А., Емельянов С.Г., Колчунов В.И., Бакаева Н.В. Инновационная практика в городах и Доктрина градостроительства // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2014. № №3(7). С. 3-18.
8. Проектная документация. Строительство и реконструкция Даниловской набережной. Раздел 3 Архитектурные решения. Том 3. – Москва, 2013.

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ РЕНОВАЦИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ

*Дудина А.Г., аспирант 1-го года обучения кафедры ЖКК
Научный руководитель – Король Е.А., проф., д.т.н.*

Массовое индустриальное домостроение первого периода, которое стало основным видом жилищного строительства в нашей стране, сформировало отечественный облик жилой застройки 50-60-х годов. Сменилось несколько поколений, и на сегодняшний день пятиэтажная панельная застройка нуждается в комплексном обновлении. Стартовавшая с 1 августа 2017 года Программа реновации жилищного фонда в городе Москве направлена на обновление среды жизнедеятельности и создание благоприятных условий проживания граждан, общественного пространства в целях предотвращения роста аварийного жилищного фонда в городе Москве, обеспечение развития жилых территорий и их благоустройства [1]. Как предусмотрено в Программе, объектами реновации выступает «морально и физически устаревшая» массовая застройка панельными, блочными и кирпичными жилыми домами индустриального домостроения по типовым проектам первого поколения, возводимых в период 1951-1960 гг.

Главной задачей реновации является качественное изменение сложившейся жилых кварталов пятиэтажных домов. Решение данной задачи предусмотрено комплексно, в том числе благодаря разработке новой нормативной базы. Так, на данный момент уже идет разработка региональных нормативов градостроительного проектирования (новые стандарты вновь возводимых кварталов), которые позволят решить проблему неоднородности и несбалансированности пятиэтажной застройки с обилием нерационально используемых площадей [2].

На данный момент в Москве имеется 240 млн. кв. метров жилья, из которых около 25 млн. кв. метров находится в ветхом состоянии, на основную долю которых приходятся индустриальная застройка первого периода [3]. Согласно программе реновации, в течение 15 лет планируется снести около 16,4 млн. кв.м. жилья [4] и построить новое, в результате чего будет переселено около 1 млн. населения в квартиры комфорт-класса. Таким образом, проект реновации предполагает замену аварийного жилищного фонда путем его сноса и капитального строительства на высвобождаемой территории новых многоквартирных домов, отвечающих современным требованиям строительства.

Мировая практика уже имеет положительный опыт проектов реновации жилой застройки в таких странах, как Германия, Франция, Китай, Нидерланды, Япония, Великобритания. Реализация проектов реновации в этих странах происходит за счет реконструкции жилых домов или за счет их частичного или полного демонтажа и строительства новых. Основопологающим фактором для формирования новых кварталов застройки при реализации зарубежных проектов реновации является высокий уровень озеле-

нения территории и создание общественных зон (парков, сервисной и социально-общественной инфраструктуры), что позволит реорганизовать и обновить городскую территорию в соответствии с требованиями и запросами населения. Рассмотрим несколько примеров зарубежных проектов реновации жилых кварталов.

В Пекине (Китай) проекты реновации реализуются по двум типам жилья: густонаселенные места, построенные до 1990 года общей площадью около 70 млн.кв.м., и историческая часть города, которой более 300 лет. Программа реновации в Пекине предлагает следующие решения: строительство энергоэффективных домов и повышение энергоэффективности, улучшение качества предоставляемых услуг, модернизация инженерных систем, замена угольных печей, увеличение микроциркуляции в узких переулках исторической части города. Также в масштабном проекте реновации участвует традиционный тип жилья Китая – хутуны, представляющие собой четыре стоящих квадратом здания, образующих внутренний дворик с большой плотностью населения. Благодаря реновации хутуны приобретают более аккуратный и благоустроенный для проживания облик [5].

В Париже (Франция) был реализован национальный план городской реновации Большой Париж, который охватил 490 кварталов и 4 миллиона жителей. Еще одной реновируемой территорией Франции является квартал Дюшер в Лионе, который был построен в 1960-х годов, а начиная с 2001 года, стал объектом масштабной реновации для организации более привлекательных и сбалансированных открытых пространств [6]. Вместо ветхих домов квартала были возведены новые многоквартирные дома с социальным жильем. На данный момент построено 1300 новых домов, к 2019 году будет построено и возведено в эксплуатацию еще 600 домов. Реновация данного квартала основывается на принципах устойчивого территориального планирования, тем самым реализуя концепцию «экоквартала»: здания и сооружения сертифицированы по французскому зеленому стандарту HQE, городские тепловые сети на биомассе, улучшенная транспортная и общественная доступность квартала, организация общественных и зеленых пространств, принцип полицентризма района с активной социальной частью квартала. В совокупности французские проекты реновации направлены на повышение энергетической эффективности, улучшение состояния ЖКХ, замена и модернизация технического оборудования, благоустройство общественных зон и повышение привлекательности жилых селитебных территорий.

Одной из главных причин начала программы реновации в 2000-х гг. жилых районов панельной застройки 60-80-х годов Восточной Германии являлся резкий отток населения из кварталов массовой панельной застройки таких, городов как Берлин, Дрезден и Халле, в связи с низким уровнем развития селитебного пространства. Следует отметить, что проекты реновации в большинстве случаев предусматривали не снос жилых кварталов, а сохранение исходной планировочной структуры. При этом использовались мероприятия по трансформации первоначального баланса территории такие, как перепрофилизация фрагментов территории, изменение назначения

общественных, внутренняя модернизация, реконструкция и перепланировка квартир, а также повышение энергоэффективности, снижение этажности зданий и оборудование частных и общественных террас на плоских крышах, развитие изначальной пространственно-ландшафтной организации кварталов [7]. Опыт реновации панельных многоэтажных домов в Германии основывается на реализации требования комфортности и энергетической эффективности селитебной территории за счет модернизации домов с достаточным запасом эксплуатационной надежности [7].

В Москве новые многоквартирные дома будут возводиться согласно Программе с применением современных инновационных архитектурных и инженерно-конструктивных решений, что позволит повысить их энергоэффективность на 40-50% по сравнению со старой пятиэтажной застройкой [8]. Например, по результатам мониторинга Мосгосстройнадзора, среднее значение удельного энергопотребления для новых многоквартирных домов составляет менее 90 кВт·ч на кв.м. в год, в то время как удельный расход среднестатистического панельного дома составляет более 350 кВт·ч на кв.м. общей площади в год. Теоретически пятиэтажный панельный дом индустриального домостроения первого периода потребляет столько же энергоресурсов, сколько и построенный по современным технологиям 16-20-этажный жилой дом, занимающий такое же пятно застройки [9].

Реновация, выступая как одним из способов воспроизводства основных фондов на уровне нового строительства, реконструкции, модернизации, технического перевооружения, представляет собой продолжительный процесс строительного производства, нацеленный на возведение энергоэффективных жилых домов и создание открытого территориального пространства.

В соответствии с принципами устойчивого развития, направленными на сохранение топливно-энергетических ресурсов страны, применение энергосберегающих мероприятий в такой энергоемкой отрасли как строительное производство является необходимым условием. В связи с этим совместно с разработкой инженерно-конструктивных решений для новых многоквартирных домов, сокращающих расход энергоресурсов, появляется актуальность исследования и разработки организационно-технологических механизмов применения энергосберегающих мероприятий на строительной площадке при реализации такого масштабного инвестиционно-строительного проекта для Москвы как реновация жилищного фонда, которые позволили бы сформировать и сохранить энергетический баланс реновируемой территории в условиях сложившегося топливно-энергетического обеспечения застройки.

Таким образом, обобщая и анализируя мировой опыт проектов реновации, можно сделать вывод, что за рубежом в большинстве случаев реализация мероприятий по реновации жилой застройки также, как и в городе Москве, направлены на обновление жилых районов с целью повышения уровня комфортности и на применение энергосберегающих мероприятий, в том числе за счет разработки и реализации организационно-технологических моделей.

Библиографический список

1. О Программе реновации жилищного фонда в городе Москве (с изменениями на 8 ноября 2017 года): Постановление Правительства Москвы от 1 августа 2017 года № 497-ПП (в редакции Постановления Правительства Москвы от 8 ноября 2017 года № 827-ПП) [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/456082244> (дата обращения: 29.11.2017).
2. Сергей Кузнецов: программа реновации не означает сноса всех пятиэтажек [Электронный ресурс] URL: <http://archsovet.msk.ru/article/ot-pervogo-lica/sergey-kuznecov-programma-renovacii-ne-oznachaet-snosa-vseh-pyatietazhek> (дата обращения: 29.11.2017).
3. Есть деньги, строители и, главное – воля [Электронный ресурс] URL: <https://stroj.mos.ru/articles/iest-dien-ghi-stroiteli-i-ghlavnoie-volia> (дата обращения: 29.11.2017).
4. Хуснуллин: продажа «излишков» квартир в рамках реновации не повлияет на рынок недвижимости [Электронный ресурс] URL: <http://tass.ru/obschestvo/4676138> (дата обращения: 29.11.2017).
5. Мировая реновация [Электронный ресурс] URL: <https://moslenta.ru/urbanistika/mirovaya-renovaciya.htm> (дата обращения: 29.11.2017).
6. Мочалова О., Дешамбр Ж. Реновация жилых кварталов. Пример Франции // Здания высоких технологий. 2017. №3. [Электронный ресурс] URL: http://zvt.abok.ru/upload/pdf_articles/441.pdf (дата обращения: 29.11.2017).
7. Меерович М.Г., Малько А.В., Козлова Л.В., Гладкова Е.А. Реновация панельной застройки 1960-1980-х гг. В Германии // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2017. №1 (20). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/renovatsiya-panelnoy-zastroyki-1960-1980-h-gg-v-germanii> (дата обращения: 29.11.2017).
8. Энергоэффективность новых домов, строящихся по программе реновации будет на 40-50% выше, чем в старых пятиэтажках [Электронный ресурс] URL: https://stroj.mos.ru/press_releases/enierghoeffektivnost-novykh-domov-stroiashchikhsia-po-programmie-rienovatsii-budiet-na-40-50-vyshiechiem-v-starykh-piatietazhkakh (дата обращения: 29.11.2017).
9. Энергоэффективные аспекты московской реновации! [Электронный ресурс] URL: <http://alldoma.ru/press-relizy/energoeffektivnye-aspekty-moskovskoj-renovatsii.html> (дата обращения: 29.11.2017).
10. Бузырев В.В. Реновация жилых домов как важный фактор увеличения жизненного цикла жилищного фонда в регионе // ПСЭ. 2012. №4. [Электронный ресурс] URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/renovatsiya-zhilyh-domov-kak-vazhnyy-faktor-uvelicheniya-zhiznennogo-tsikla-zhilischnogo-fonda-v-regione> (дата обращения: 29.11.2017).
11. Иваненко Л.В., Файзрахманова Я.И. Зарубежный и отечественный опыт управления развитием застроенных территорий // Основы ЭУП. 2012. №1 (1). [Электронный ресурс] URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/zarubezhnyy-i-otechestvennyy-opyt-upravleniya-razvitiem-zastroennyh-territoriy> (дата обращения: 29.11.2017).

ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА В МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМАХ

Котова Л. О. студент 1-го курса 7 группы магистратуры ИИЭСМ
Научный руководитель – *Король Е.А.*, проф., д.т.н.

Целями данного исследования является выявление видов работ, относящихся к капитальному ремонту многоквартирных домов, а также определение перечня нормативно-технических документов, обязательных для соблюдения при проведении капитального ремонта. В связи с заданной целью необходимо выделить следующие моменты: Общие существующие положения о проведении капитального ремонта в многоквартирных домах; Виды капитальных работ по ремонту домов и их организация; общая проблематика по приемке результатов работ по капитальному ремонту.

В процессе эксплуатации здания любого назначения рано или поздно неизбежно возникает необходимость в проведении работ по его ремонту капитального характера. Капитальный ремонт необходим для поддержания нормативного уровня надежности и безопасности зданий и сооружений, их эксплуатационных характеристик, восстановления строительных конструкций зданий, предупреждения большого физического износа. Без своевременно проведенного капитального ремонта эксплуатация любого здания и сооружения перестает быть безопасной, и может повлечь для организации, его эксплуатирующей как штрафы со стороны надзорных органов, так и риски причинения вреда жизни и имуществу граждан и юридических лиц.

В случае организации работ по капитальному ремонту здания собственником, он обязан являться членом саморегулируемой организации (некоммерческая организация, объединяющая по видам деятельности или профессиональным признакам предпринимателей и коммерческие организации) [1].



Рис. 1 Составляющие капитального ремонта зданий

Проведение капитальных ремонтов, как и иные сферы эксплуатации зданий, регламентируется нормативно-техническими документами, обязательными к применению.

Таким образом, при капитальном ремонте ликвидируется физический и функциональный износ, происходит восстановление здания. Капитальный ремонт предусматривает замену одной, нескольких или всех систем инженерного оборудования, либо замену строительных конструкций, а также приведение в исправное состояние всех конструктивных элементов здания, сооружения [2].

Виды капитальных ремонтов зданий

Капитальный ремонт может подразделяться на виды в зависимости от объемов проводимых работ.

Например, в отношении зданий производственного назначения выделяют комплексный и выборочный капитальные ремонты [3].

1. Комплексный капитальный ремонт – охватывает все элементы здания, предусматривает одновременное восстановление всех изношенных конструктивных элементов, инженерного оборудования и повышение степени благоустройства здания в целом, устраняет физический и моральный износ. Проведение очередного комплексного капитального ремонта здания или сооружения нецелесообразно в случаях, если намечается снос или перенос зданий, или сооружений в связи с предстоящим строительством на занимаемом ими участке другого здания или сооружения, предполагается реконструкция здания, намечается разборка здания вследствие общей ветхости. В указанных случаях должны осуществляться работы по поддержанию конструкций здания или сооружения в состоянии, обеспечивающем их нормальную эксплуатацию в течение соответствующего периода (до сноса или реконструкции).

2. Выборочный капитальный ремонт – охватывает отдельные конструктивные элементы здания или его инженерного оборудования, при этом устраняется физический износ отдельных элементов и технических систем здания. Выборочный капитальный ремонт производится в случаях, когда комплексный капитальный ремонт здания может вызвать серьезные помехи в работе объекта, при значительном износе отдельных конструкций, угрожающем сохранности остальных частей здания, при экономической нецелесообразности проведения комплексного ремонта по ограничениям, введенным в определении комплексного капитального ремонта [3].

Капитальный ремонт включает устранение неисправностей всех изношенных элементов, восстановление или замену (кроме полной замены несущих конструкций) их на более долговечные и экономичные, улучшающие эксплуатационные показатели зданий. При этом может осуществляться экономически целесообразная модернизация здания или объекта: улучшение планировки, увеличение количества и качества поставляемых услуг, оснащение новым инженерным оборудованием, благоустройство окружающей территории [4].

Для определения объема требуемых работ производится инженерное обследование здания на предмет оценки износа конструкций и оборудования, с целью выявления объемов работ по капитальному ремонту. Для определения работ, необходимых для осуществления капитального ремонта, руководствуются также сроком эксплуатации здания после его постройки. То есть, в зависимости от сроков эффективной эксплуатации зданий и их элементов можно выстраивать систему их капитальных ремонтов.

В программу капитального ремонта включается, как правило, здание в целом или его часть (секция, несколько секций). При необходимости могут производиться ремонты капитального характера отдельных элементов здания, а также внешнего благоустройства.

Перед началом капитального ремонта здания ответственными органами утверждается проектно-сметная документация на капитальный ремонт определяющая стоимость и объемы работ, подлежащих выполнению [7].

Договорная цена на каждый объект определяться на основе сметы, составляемой по установленным ценам, нормам, тарифам и расценкам с учетом научно-технического уровня, эффективности, качества, сроков выполнения работ и других факторов. В сметах необходимо предусматривать накладные расходы, плановые накопления, прочие работы и затраты. Интервал времени между утверждением проектно-сметной документации и началом ремонтно-строительных работ не должен превышать 2 лет. Устаревшие проекты должны перерабатываться с целью доведения их технического уровня до современных требований и переутверждаться [4].

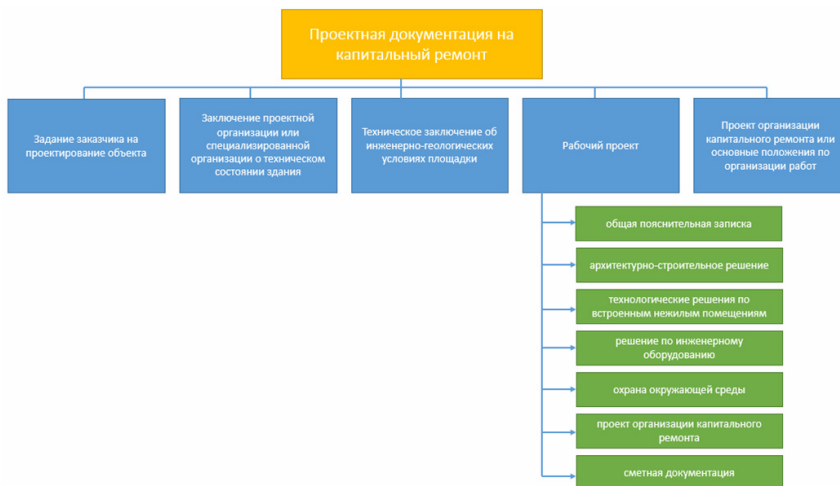


Рис. 2. Состав проектной документации на проведение капитального ремонта

При разработке проектно-сметной документации на капитальный ремонт производится:

- техническое обследование, определение физического и морального износа объектов проектирования [6];
- составление проектно-сметной документации для всех проектных решений;
- технико-экономическое обоснование капитального ремонта;
- разработка проекта организации капитального ремонта и проекта производства работ, который разрабатывается подрядной организацией, выполняющей капитальный ремонт.

Приемка всех законченных работ оформляется актом, составляемым в трех экземплярах, из которых первый с соответствующими приложениями хранится у заказчика, второй – у подрядной организации и третий – в областном (городском, районном) управлении соответствующего ведомства [5].

Инновационные технологии и материалы, используемые при капитальном ремонте.

В начале 2017 года были запущены несколько пилотных проектов, в которых при капитальном ремонте многоквартирных домов использовались нанотехнологические материалы:

1. Для утепления кровли применялся пеностекольный щебень – искусственный пористый материал, изготавливаемый путём спекания в специальном оборудовании тонкоизмельченного стекла и газообразователя, предназначенный для теплозвукоизоляции строительных конструкций различного назначения.

Обладает следующими свойствами: негорючий, экологически чистый, негигроскопичный, не подвержен гниению, повреждению грызунами и паразитами. За счет ячеистой структуры обеспечивается низкая теплопроводность, низкая плотность и легкость утеплителя. При этом материал отличается высокой прочностью на сжатие.

2. Для усиления конструкции здания и изоляции швов между плитами были использованы системы внешнего армирования на базе композитных углеродных лент.

Данная технология позволяет проводить работы в срок от 1 до 3 недель, в зависимости от объемов. При этом стоимость работ в среднем на 40% ниже стоимости использования традиционных методов ремонта или усиления. Технология позволяет увеличить несущую способность балок, перекрытий, фундаментов и других конструктивных элементов в 2-4 раза, а межремонтный период до 30 лет.

11 декабря в ходе совещания Комитета Государственной Думы по жилищной политике и жилищно-коммунальному хозяйству был подписан Протокол, в котором опыт применения данной инновационной продукции при капитальном ремонте был признан успешным.

Несвоевременное проведение капитального ремонта часто является причиной нарушения работы систем вентиляции, отопления, канализации зданий, что неизбежно ведет к нарушению санитарно-эпидемиологических норм.

В целом, капитальный ремонт является неотъемлемой частью процесса эксплуатации здания любого назначения. Своевременное и качественное проведение капитального ремонта поможет избежать эксплуатирующей организации рисков взыскания штрафов со стороны надзорных органов, а также причинения вреда жизни и имуществу граждан и юридических лиц.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 3 июля 2016 г. N 372-ФЗ «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 29.07.2017) (с изм. и доп., вступ. в силу с 30.09.2017).
3. МДС 13-14.2000 Положение о проведении планово-предупредительного ремонта производственных зданий и сооружений.
4. ВСН 58-88(р) Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения.
5. ВСН 42-85(р) Правила приемки в эксплуатацию законченных капитальным ремонтом жилых зданий.
6. Бедов А.И., Сапрыкин В.Ф. Обследование и реконструкция железобетонных и каменных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. – М.: Изд-во АСВ, 2011. – 192 с.
7. Морозов А.С., Ремнева В.В., Тонких Г.П. и др. Организация и проведение обследования технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений. – М.: МИИТ, 2011. – 212 с.

СИСТЕМА УСИЛЕНИЯ УГЛЕВОЛОКНОМ. ОТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДО РЕАЛИЗАЦИИ

*Кудрявцева А.С., студент 2-го курса 6 группы магистратуры ИИЭСМ
Научный руководитель – Король Е.А., проф., д.т.н.*

Строительная индустрия, как и любая другая отрасль, не обходится без внедрения инновационных технологий. Трудно представить, что 50 лет назад для усиления железобетонных конструкций требовались тонны металла, сейчас достаточно приклеить углеволокно весом в 200 граммов.

Усиление конструкций углеволокном – это прогрессивная технология, направленная на повышение несущей способности и эксплуатационных свойств конструкции при помощи армирования специальными усиливающими элементами, изготовленными из композитных материалов.

Несмотря на активное применение данной технологии в зарубежном строительстве, в России эта сфера строительной деятельности достаточно молода и насчитывает чуть менее двадцати лет. Число компаний, которые предлагают свои услуги по усилению конструкций данным методом с каждым годом растет. Однако, ориентирование на инновации — лозунг не каждой организации. В погоне за уникальностью предоставляемых услуг и привлечением потенциальных заказчиков, руководители строительных компаний зачастую забывают о самом главном – о качестве проектных решений и строительного-монтажных работ, от которых напрямую зависит эффективность и безопасность метода. В данной статье рассмотрены основные технические ошибки при применении системы внешнего армирования.

Инженерно-техническое обследование зданий и сооружений - это первый и основополагающий этап перед проектированием.

В результате технического обследования необходимо выявить: расчетную нагрузку, действующую на конструкцию, фактический класс бетона, схему армирования, основные дефекты и повреждения (трещины, прогибы, коррозионные процессы в арматуре и бетоне и др.).

Грамотное выявление проблем, связанных с потерей несущей способности либо перегрузением конструкции и знание характеристик армирующего материала – верное решение при дальнейшем проектировании.

Так, при определении фактического класса бетона методами неразрушающего контроля необходимо учитывать следующее специфическое требование: прочность основания на растяжение должна быть не менее 1,0 Мпа. В случае если требование не удовлетворяется, то усилить железобетонную конструкцию углеволокном не допускается. Данное требование из технического описания углеволокна, сведениями которого специалисты зачастую пренебрегают.

Не допускается проводить усиление элементов с корродированной стальной арматурой без устранения причин и продуктов коррозии.

При проведении поверочных расчетов несущей способности в обязательном порядке должны быть учтены дефекты и повреждения конструкции, выявленные в процессе натуральных обследований.

Только на основании поверочного расчета несущей способности железобетонной конструкции выявляется нехватка рабочей арматуры и подтверждается необходимость усиления конструкции.

При подборе дополнительного внешнего армирования изгибающего элемента следует учитывать характер разрушения железобетонной конструкции. Важно спроектировать усиление так, чтобы разрушение конструкции было «нехрупким», то есть конструкция должна разрушаться не по бетону, а по арматуре.

Зачастую проектировщики игнорируют следующее требование: при проектировании системы внешнего армирования из композитных материалов для железобетонных конструкций, эксплуатируемых в условиях переменной влажности, не допускается применять «сплошное усиления», ведь железобетон – это паропроницаемый материал, а клей (связующее) не паропроницаемый, необходимо предусмотреть возможность миграции паров влаги из тела бетона.

Анкеровка холстов при проектировании должна быть не менее 10 см.

Одной из самых актуальных проблем в области проектирования композитных систем на основе углепластикового волокна является их огнезащита. Углеродная ткань не является огнеопасной и имеет температуру возгорания свыше 1000°C. А вот эпоксидные клеевые составы начинают деградировать при температурах от 100°C, вплоть до возгорания с выделением токсичных газов. Поэтому, применяя их необходимо предусматривать огнетеплозащиту.

Так же необходимо исключить в процессе эксплуатации попадание на систему прямых солнечных лучей, в том числе путем устройства защитного слоя. Установку системы внешнего армирования из композитных материалов следует выполнять при температуре окружающей среды в диапазоне от 5°C до 35°C при температуре бетона основания выше 5°C и выше температуры точки росы на 3°C. Перед нанесением в обязательном порядке необходимо проверить данные параметры.

На стадии реализации большое внимание следует уделять требованиям по подготовке основания (поверхности на которую приклеивают углеволокно). Качество основания напрямую влияет на совместную работу конструкции с элементом усиления, поэтому при подготовке основания, в обязательном порядке, контролируют следующие параметры:

- ровность поверхности;
- прочность и целостность материала усиливаемой конструкции;
- температуру поверхности конструкции;
- отсутствие загрязнений и пыли;
- влажность и др.

Основание должно быть прочным, сухим, очищенным от цементного молочка, льда, стоячей воды, жира, масла, слабосвязанных частиц, следов

краски или других старых покрытий. Бетонное основание после очистки и удаления цементного молочка должно иметь вскрытую текстурированную поверхность.

Очистку поверхности основания следует проводить пескоструйной обработкой или обработкой металлическими щетками с последующей высоконапорной промывкой водой (под давлением не менее 1,0 МПа).

В случае наличия карбонизированного или слабого бетона он должен быть полностью удален, неровности основания следует выровнять с применением эпоксидных составов.

Углы, на которые накладывается ткань, должны быть скруглены, минимальный радиус скругления – 20 мм (в зависимости от типа ткани SikaWrap®), или такой, который предусмотрен в техническом задании.

За последнее десятилетие Россия сделала огромный шаг вперед на пути к инновациям: открываются новые заводы по производству композитов, разработан Свод правил по усилению железобетонных конструкций. Спектр применения углеволокна впечатляет. Однако пока не многие строительные компании готовы широко использовать этот материал и быть конкурентоспособными на мировой арене.

К сожалению, пока в нашей стране отсутствует «культура» применения инновационных технологий. Устранив этот досадный пробел, у многих архитектурных творений прошлого наконец появится прочный шанс на вторую молодость.

Объединив передовые технологии, лучших специалистов, фундаментальные достижения инженерной школы, инженеры нашей страны будут способны реализовать сложные и смелые проекты, и надеюсь, что их результаты будут по достоинству оценены людьми, с которыми и для которых строится будущее.

Библиографический список

1. СП 164.1325800.2014. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования. – М.: ОАО «НИЦ «Строительство» – НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, ЗАО «Триада-Холдинг», ЗАО «ХК «Композит», 2014.
2. Король Е.А Векторы инновационного развития строительных технологий – основа модернизации образовательных программ кафедры технологии строительного производства МГСУ // Промышленное и гражданское строительство. 2011. №3. С. 34-37.
3. Назмеева Т. В., Параничева Н. В. Усиление строительных конструкций с помощью углеродных композиционных материалов // Инженерно-строительный журнал. 2010. №2. С. 19-22.
4. Костенко А.Н., Бедов А.И. Использование углеволокна для усиления железобетонных колонн и кирпичных столбов // Строительство – формирование среды жизнедеятельности: Междунар. межвуз. науч.-практ. конф.

молодых ученых, докторантов и аспирантов, 10-я: Науч. тр., 25-26 апр. 2007 г., М.: МГСУ, 2007. С. 88-92.

5. Чернявский В.Л. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами // В.Л. Чернявский, Ю.Г. Хаютин, Е.З. Аксельрод, В.А. Клевцов, Н.В. Фаткуллин. – М.: ООО «ИнтерАква», 2006.

6. Шилин А.А., Пшеничный В.А., Каргузов Д.В. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами. – М., 2007.

7. Альбом технических решений «Композит».

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ

*Лукьянова О.Ф., аспирант 2-го курса ИИЭСМ
Научный руководитель – Берлинова М.Н., доц., к.т.н.*

Формирование и развитие технологических решений, ориентированных на возведение конструктивных систем транспортно-пересадочных узлов имеет особенности практической реализации простых и комплексных строительных процессов, которые применяются при возведении объектов городского общественного транспорта в различных градостроительных условиях. В самом общем случае под типовым строительным объектом (или объектом массового строительства) подразумевается строительная продукция, которая характеризуется типовым (распространенным, доступным, экономичным) качеством показателей [1-3]:

- несложным объемно-планировочным решением, небольшим пятном (площадью) застройки, незначительным строительным объемом;
- простой конструктивной схемой (распространенными строительными конструкциями и материалами);
- простой и распространенной технологией возведения;
- обычными (не особыми) природно-климатическими и инженерно-геологическими условиями строительной площадки;
- небольшим сроком службы;
- незначительными эксплуатационными издержками;
- минимальным значением негативного воздействия на окружающую среду.

Проектные решения, по которым производится многоэтажное (массовое) строительство одинаковых (по назначению, конструктивной схеме, площади застройки, строительным объемам) объектов транспортного строительства (типовые проекты), допускают применение распространенных: технологий строительства; методов организации и управления; машин и механизмов.

Действующая нормативная база не имеет в своем составе специализированного документа, положения которого акцентированы исключительно на особенностях классификации уникальных объектов транспортного строительства, а также на особенностях их возведения.

В соответствии с положениями статьи 48.1 нормативного документа [5] к категории уникальных относятся объекты строительства (без дополнительного учета их функционального назначения), для которых в составе проектной документации присутствует, как минимум одна из характеристик:

- высота, более, чем 100 метров;
- пролеты, более, чем 100 метров;

- наличие консоли, более, чем 20 метров;
- заглубление подземной части (полностью или частично) ниже планировочной отметки поверхности земли, более, чем на 15 метров.

Проектирование и возведение уникальных объектов транспортного строительства отличается (по составу и объему мероприятий) от аналогичного периода для типовых зданий и сооружений. Данное обстоятельство связано со следующими особенностями уникальных объектов [3, 5]:

- отсутствием типовой проектной документации на любой, вновь проектируемый уникальный объект;
- возможностью или необходимостью применения новых, прогрессивных строительных материалов и конструкций, для которых требуется разработка и/или применение специальных методов расчетов;
- возможностью или необходимостью проектирования уникальных или сложных методов возведения конструкций.

Технология возведения уникального объекта транспортного строительства требует (в абсолютном большинстве случаев) разработки индивидуального проекта, и отличается (в сторону увеличения объема и состава) от аналогичного комплекса мероприятий для типовых зданий и сооружений.

Строительная система транспортно-пересадочного узла – это качественная характеристика соответствующего конструктивного решения здания и/или сооружения, которая определяется: относительно простым функциональным содержанием; наиболее массовыми строительными материалами и конструкциями, формирующими установленную конструктивную систему; а также технологией возведения основных конструктивных элементов рассматриваемого объекта строительства.

Строительные системы типовых конструктивных решений ТПУ предполагают применение традиционной строительной технологии возведения несущих стен из кирпича и мелких керамических блоков, легкого бетона и естественного камня (рис. 1). Традиционная схема основана на возведении стен с использованием рабочих приемов и движений ручной кладки [6].

Традиционная строительная система имеет следующие преимущества:

- возможность для возведения зданий произвольных размеров и формы в плане, а также этажей различной высоты в составе одного строительного объема;
- возможность устройства в конструкции несущих и самонесущих стен проемов различных размеров и форм;
- обеспечение нормативных требований по признакам огнестойкости, долговечности, тепловой защиты.

Наряду с преимуществами, строительная система ТПУ с применением традиционной технологии ручной кладки, характеризуется определенными недостатками: трудоемкостью возведения, нестабильностью прочностных

характеристик кладки, влиянием квалификации персонала на качество строительной продукции.



а) городской ТПУ Essentoukovo



б) городской ТПУ Ижевска

Рис. 1. Строительные системы ТПУ, с применением традиционной технологии возведения

Строительные системы мало- и среднеэтажных ТПУ, ориентированные на применение каркасной схемы из сборных железобетонных конструктивных элементов, представляются полносборной, а именно, каркасно-панельной технологией возведения (рис. 2).

Возведение ТПУ по полносборной, а именно, каркасно-панельной технологии возведения (с применением сборных железобетонных конструктивных элементов) имеет следующие особенности, преимущества и возможности [7]:

- возможность изготовления конструктивных элементов индустриальным способом, за пределами строительной площадки;
- возможность для унификации и стандартизации технологических приемов возведения, способов устройства узлов конструктивных элементов;
- возможность возведения конструктивных элементов без устройства и использования приобъектного склада (монтаж «с колес»), значительно сокращая продолжительность строительного производства;

– возможность рациональной организации движения строительного персонала, материально-технического обеспечения, эксплуатации машин и механизмов.



а) ограждающие конструкции ТПУ



б) несущие конструкции сборного железобетонного каркаса ТПУ

Рис. 2. Строительная система агломерационной ТПУ, с применением конструктивных элементов индустриального изготовления

Свойство «уникальности» транспортно-пересадочных узлов во многом зависит от места расположения, состава и функционального содержания производственных и общественных процессов, которые способствуют формированию соответствующих архитектурных и конструктивных решений, влияющих на выбор необходимых для возведения строительных материалов и технологий (строительной системы).

На рис. 3 представлен общий вид (архитектурный образ) ТПУ агломерационного назначения, который характеризуется полифункциональным назначением, а главной функцией является обеспечение комфортной и безопасной пересадки пассажиров с использованием железнодорожного и автомобильного транспорта [8].

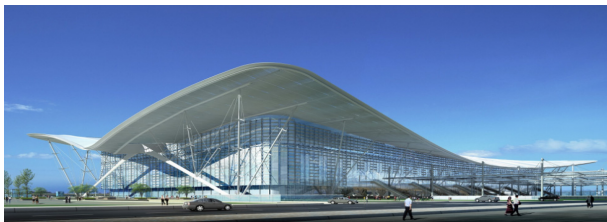


Рис. 3. Агломерационный транспортно-пересадочный узел ТПУ на базе железнодорожной станции, Qingdaobei Railway Station, г. Циндао, КНР

Уникальность строительной системы рассматриваемого ТПУ связана с конструктивным решением опор несущей части покрытия, которая представляет собой структурную пространственную конструкцию (из стальных прокатных профилей), составленную из 10 одинаковых компонентов, формирующих «арочную» конфигурацию при помощи поперечных и наклонных элементов. Особенности укрупнительной сборки и ведения конструкции во время изготовления проанализированы на разработанных конечноэлементных моделях (рис. 4). Значение перекрываемого покрытием пролета составляет 140 м.

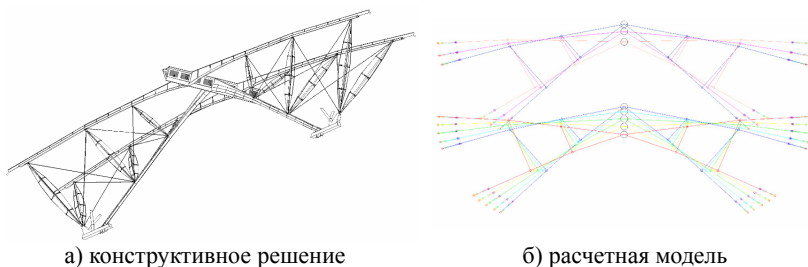


Рис. 4. Конструкция опоры уникального ТПУ с применением стальных прокатных профилей

Комплексный процесс возведения (монтажа) сложных пространственных конструктивных элементов покрытия является определяющим для технологической последовательности формирования строительной системы ТПУ. Ведущим механизмом является башенный подъёмный кран (точнее, звено однотипных кранов, обеспечивающих синхронизацию укрупненной сборки и перемещения конструктивных элементов покрытия в проектное положение).

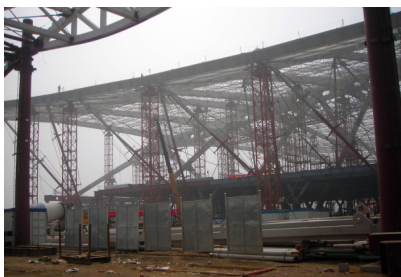
На рис. 5 представлены технологические операции, используемые при возведении конструктивных элементов ТПУ [8].

Складирование строительных конструкций материалов и изделий, а также их подготовка к подъему и перемещению в проектное положение производится на свободных площадях в зоне действия монтажных кранов.

Размеры площадок определяются в зависимости от объема складироваемых материалов по месту.



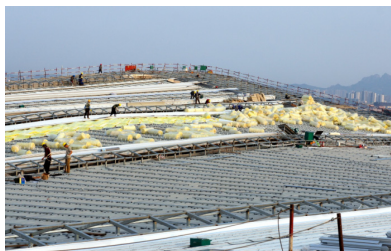
а) устройство временных опор



б) установка в проектное положение



в) закрепление конструкций



г) устройство ограждающей части покрытия

Рис. 5. Последовательность формирования строительной системы ТПУ

Металлические несущие конструкции покрытия поставляются на площадку отдельными элементами (отправочными марками) с размерами в пределах автомобильных транспортных габаритов.

До начала монтажа несущих конструкций покрытия (крыши) производится изготовление сборочных временных поддерживающих конструкций (временных опор) для укрупнительной сборки и необходимые грузозахватные приспособления; подготовка необходимого комплекта инструмента для сборки соединений на высокопрочных болтах.

Определенной особенностью строительной системы ТПУ и организации строительного производства является применение полужакрытого способа возведения (рис. 6).

Здесь конструкции защитного устройства котлована подземной части в формате монолитной железобетонной плиты перекрытия (верхнего этажа многэтажной подземной части) использованы в качестве:

– монтажного горизонта для производства строительных работ по возведению наземной части (и параллельным продолжением работ по устройству подземной части) ТПУ;

- площадки для размещения грузоподъёмных механизмов; строительных машин и механизмов;
- стендов и полигонов, необходимых для изготовления конструкций;
- приобъектного склада для временного размещения материалов и конструкций.



Рис. 6. Полузакрытый способ возведения конструктивных элементов ТПУ

Организация возведения ТПУ по полносборной, каркасно-панельной технологии возведения с применением стальных (сварных и прокатных) конструктивных элементов характеризуется такими же основными особенностями, что и аналогичная строительная система со сборными железобетонными конструкциями.

По сравнению с использованием сборных железобетонных конструкций, строительные системы с применением стальных профилей позволяют ориентироваться на меньшие значения технико-экономических показателей: трудоемкости аналогичных процессов; продолжительности возведения; затрат материально-технических ресурсов.

Применение стальных профилей (по сравнению с конструктивными решениями аналогичного назначения, изготовленных из сборных, индустриальных и/или монолитных железобетонных элементов) позволяет значительно увеличить значение перекрываемых пролетов и оптимизировать расход материалов, особенно, в строительных системах уникальных объектов транспортного строительства.

Библиографический список

1. Берлинова М.Н., Лукьянова О.Ф. Особенности конструктивных решений зданий для обслуживания наземного городского пассажирского транспорта // Научное обозрение. 2017. № 8. С. 20-24.
2. Берлинова М.Н., Лукьянова О.Ф. Современная концепция конструктивных решений зданий транспортно-пересадочных узлов // Научное обозрение. 2017. № 10. С. 26-29.
3. Змеул С.Г., Маханько Б.А. Архитектурная типология зданий и сооружений. – М.: Архитектура-С. 2004. – 241 с.
4. Полищук Н. А., Космин В. В., Переселенков Г. С. Транспортное строительство. Энциклопедия. Том 1: История. Развитие. Техника. Технологии. – М.: Гуманистика. 2001. – 640 с.
5. Гражданский кодекс Российской Федерации от 30.11.1995 № 51–ФЗ (редакция от 30.03.2016).
6. Сербинович П.П. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Гражданские здания массового строительства // Учебник для строительных вузов. – М.: Высшая школа, 1975. – 319 с.
7. Шерешевский И.А. Жилые здания. Конструктивные системы и элементы для индустриального строительства // Учебное пособие. – М.: Архитектура-С, 2004. – 124 с.
8. In Progress: The Qingdaobei Station / AREP Architect + MAP3 Structural Engineering. [электронный ресурс]. – URL: <https://www.archdaily.com/439741/work-in-progress-the-qingdaobei-station-arep-architect-map3-structural-engineering> (дата обращения: 29.11.2017).
9. Korol E., Berlinov M., Berlinova M. The long term stability of multilayer walling structures.// MATEC Web of Conferences. 2017. V. 106. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710604006>.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

*Матушкина А.С., студент 2-го курса 6 группы магистратуры ИИЭСМ
Научный руководитель – Кустикова Ю.О., доц., к.т.н.*

Дефицит энергоресурсов – одна из актуальных проблем России и мира в целом. Экономика нашей страны характеризуется высокой энергоемкостью. Это связано как с климатическими условиями и территориальным фактором, так и с сформировавшейся в течение длительного периода времени структурой промышленного производства и нарастающей технологической отсталостью энергоемких отраслей промышленности и жилищно-коммунального хозяйства, и, конечно, недооценка стоимости энергоресурсов, не стимулирующая энергосбережение.

Помимо проблемы энергосбережения злободневной является проблема экологии, которая появилась, в частности, из-за активного и порой нерационального использования традиционных источников энергии. Поэтому главными задачами современного общества является поиск решения двух проблем сразу: повышение энергоэффективности и экологизация. Эти проблемы должны решаться комплексно по всем направлениям жизнедеятельности человека.

В настоящее время повышение энергоэффективности называют пятым видом топлива [1] наряду с углем, природным газом, атомной энергией и возобновляемыми источниками.

Вопросами повышения энергоэффективности в России активно занимается Министерство энергетики Российской Федерации. Были приняты некоторые решения [2], в частности: в 2008 году Указом Президента была поставлена цель снизить энергоемкость ВВП страны на 40 %, в развитие этого Указа в 2009 году был принят Федеральный Закон, в 2010 году – соответствующая Госпрограмма. Таким образом, потенциал снижения энергоемкости ЖКХ составляет 22 %; выявлена необходимость принятия мер по техническому регулированию отраслей экономики, направленных на повышение энергетической и экологической эффективности; необходимо подготовить нормативно-правовую базу на уровне федеральных законов, предусматривающих экономические механизмы, стимулирующие применять энергосберегающие технологии и формирующие ответственность за несоблюдение допустимых нормативов; предусматривать бюджетные ассигнования на реализацию энергосберегающих проектов. В рамках этой программы были введены требования к проектированию уличного освещения, и теперь фонари можно ставить только светодиодные.

Существует перечень факторов, влияющих на развитие энергоэффективности, который изучали многие исследователи, в том числе Л.А. Голованова, И.А. Башмаков, В.В. Маркин, В.А. Бондарев, А.С. Семенов и другие. Характеристику различных подходов к систематизации факторов энер-

гоэффициентности представили в своей работе Т.Д. Белова и Е.М. Марченко. С полным перечнем можно ознакомиться в их статье [3].

Каждый из исследователей выявил свои структурные элементы, однако некоторые из них были отмечены многими отечественными исследователями. Таким образом, основными факторами являются: экономический, структурный, климатический, технологический, политический, социальный. Последний, социальный фактор учитывает мнение населения. Как показывают статистические данные, на данный момент лишь 12 % населения считают, что необходимо экономить энергоресурсы. Т.е. только одна восьмая часть населения нашей страны заинтересована в решении поднятых проблем. Поэтому Правительство озадачено также проблемой заинтересовать жителей, и для этого планируется ввести систему поощрений (льгот) для жильцов домов высокого класса энергоэффективности. Более того, с июля 2018 года при реконструкции зданий и строительстве новых вводится требование по внедрению в дома энергоэффективного оборудования. В качестве первоначальных мер предложили энергоэффективное освещение и индивидуальные тепловые пункты (ИТП) с погодным регулированием [4].

В настоящее время в России есть реализованные проекты зданий [5], в которых были использованы возможные методы повышения энергоэффективности и экологизации. В частности, в Москве американской компанией Hines был реализован первый «зеленый» офис – 14-этажное здание бизнес-центра Дукаст Плейс 111. Однако само здание было построено в 2005 году, и позднее переоборудовано в соответствии с экологическими стандартами. В данном проекте были использованы следующие современные экологические технологии:

- энергосберегающие лампы;
- автоматическое регулирование освещения;
- оптимизация работы системы кондиционирования, вентилирования, сантехнического оборудования и лифтов;
- организован полный цикл утилизации отходов, в том числе переработка бумаги, стекла, пластика, металла, батареек и др.;
- датчики и счетчики воды, цель которых проконтролировать и оптимизировать расход воды.

Данные решения позволили снизить расходы, улучшить экологическую ситуацию в офисах и снизить выбросы CO₂.

Другим векторным примером является первый в стране «активный дом», который был сдан в эксплуатацию в сентябре 2011 года в Наро-Фоминском районе. Этот жилой дом построен датской компанией Velux с учетом последних разработок в экологическом строительстве. Он полностью обеспечивает себя энергией и не зависит от внешних источников. Технологии, использованные при строительстве:

- фасад, способный самостоятельно менять свою конфигурацию (открывается и закрывается) в зависимости от потребностей жильцов и погодных условий;

- использование так называемой «умной» вентиляции на основе рекуперации воздушных потоков;
- установка энергоэффективных окон, аккумулирующих тепло и энергию солнца и обеспечивающих 50% общей потребности здания в тепле;
- солнечные панели на крыше;
- максимально возможное использование естественного освещения;
- использование солнечных водонагревателей и теплового насоса.

По оценке инженеров, этот жилой «активный» дом будет вырабатывать достаточно электроэнергии для всех нужд здания. Ожидается даже избыточная энергия, которой за 30 лет эксплуатации хватит для покрытия затрат на производство строительных материалов, израсходованных на возведение дома.

Кроме реализованных проектов есть и те, которые находятся в стадии строительства или проектирования.

В настоящее время активно изучаются технологии, использование которых позволит улучшить экологическую, технологическую ценность жилья и повысить энергоэффективность объектов ЖКК. Перечень мероприятий, реализация которых планируется в перспективе:

- внедрение системы автоматического управлением отопления с возможностью индивидуальной регулировки в квартирах;
- применение в отделке нанокрасок и шпаклевок с антибактериальными составляющими, которые помогают бороться с распространением болезней;
- использование утеплителя нового поколения без содержания вредных веществ;
- установка энергосберегающего остекления с грязезащитным покрытием, сокращающее теплопотери даже при больших окнах и препятствующее их загрязнению;
- установка фильтров очистки и обеззараживания воздуха, поступающего в дом;
- использование пеностеклянного щебня для утепления кровли и подземной части (характеризуется высокой экологичностью, производится из б/у стекла, долговечность более 100 лет)
- устройство система очистки и дополнительной минерализации водопроводной воды;
- устройство просторного вестибюля и комнаты консьержа.

В результате данных мер возможно повышение коммерческой стоимости жилья на 10-15%, снижение энергопотребления на 25 %. Данные мероприятия будут реализованы в экспериментальном проекте [6].

Однако опорным жилым фондом в настоящее время в России являются объекты индустриального домостроения. И с каждым годом состояние домов не улучшается, ежегодно выходят из строя миллионы квадратных метров жилья, приобретая статус ветхого. Огромное количество домов нуждаются в капитальном ремонте и не меньше – в реконструкции. В высших эшелонах власти принимаются законы, регулирующие состояние и улуч-

шение жилого фонда. Однако решение этой проблемы носит маятниковый характер: улучшаем состояние одних, в течение этого времени ухудшается состояние других. Поэтому, главной задачей при проведении работ по капитальному ремонту и реконструкции является повышение их эффективности, не допуская работ, выполненных «для галочки».

Коллеги из Государственного строительного-архитектурного университета г. Самары в своей работе [7] предложили две стратегии реализации технической политики при производстве капитального ремонта: экономный вариант, направленный на поддержание здания в пригодном для эксплуатации состоянии и прагматичный вариант, нацеленный на снижение физического и морального износа многоквартирных зданий и повышение эксплуатационных характеристик зданий.

Даже не имея должных знаний в строительстве и эксплуатации, можно сделать вывод какой из вариантов более эффективен – безусловно, прагматичный.

Если рассматривать здание как единый организм, в нем можно выделить укрупненно две группы элементов: конструктивные и инженерные. Соответственно, решения по повышению энергоэффективности также необходимо принимать комплексно, чтобы результат был наиболее очевиден. Таким образом, ниже можно представить следующие мероприятия, реализация которых позволит повысить энергоэффективность существующих объектов жилого фонда. Данные мероприятия могут быть реализованы в рамках капитального ремонта или реконструкции.

1. Мероприятие первое: модернизация системы отопления.

Применение технической изоляции при ремонте труб инженерных коммуникаций, в частности – труб отопления и горячего водоснабжения. Эксперты советуют отдать предпочтение цилиндрам из каменной ваты, которые изготавливаются по навивной технологии. В отличие от вырезных изделий у них волокна всегда перпендикулярны направлению теплового потока от энергоносителя. Это означает, что в любой точке цилиндра, изготовленного по навивной технологии, его теплоизоляционные характеристики одинаковы.

2. Мероприятие второе: установка энергоэффективных окон.

Замена старых деревянных окон на современные системы на основе ПВХ-профиля позволяет значительно сократить затраты тепловой энергии. Уровень энергосбережения окна зависит от многих факторов – числа камер в профиле, монтажной ширины окна, состава стеклопакета. Самым эффективным решением для Центральной России является пятикамерный ПВХ-профиль толщиной 127 мм с энергосберегающим стеклопакетом (двухкамерным, заполненным аргоном или криптоном) и с низкоэмиссионным покрытием, отражающим инфракрасное излучение).

3. Мероприятие третье: организация рекуперативной системы вентиляции и кондиционирования.

Повысить энергоэффективность жилья помогают рекуператоры тепла, которые являются опциональной частью вентиляционной системы и пред-

ставляют собой теплотехнические блоки, служащие для обмена тепловой энергией между потоками вытяжного и приточного воздуха. В широком понимании рекуперация – возвращение части энергии для ее обратного использования.

4. Мероприятие четвертое: модернизация системы энергоснабжения.

Установка энергосберегающих ламп, установка датчиков активизации элементов освещения (на движение, тепло, звук). Такие решения будут оптимальны для мест общего пользования: коридоров, лестничных маршей и площадок, т.к., как правило, в таких помещениях нет ответственных лиц за включение/выключение ламп (особенно в старых домах, где нет консьержа). Безусловно, экономия освещения ни в коем случае не должна противоречить требованиям пожарной безопасности и эвакуации, поэтому все аварийные элементы освещения должны работать в автономном режиме.

5. Мероприятие пятое: автоматизированная система эксплуатации.

Подразумевает установку электронных датчиков на системы водоснабжения, канализации, вентиляции и кондиционирования и единого пункта управления, куда выводится информация о текущих показателях той или иной системы. Такое решение позволит не только оперативно обнаружить неисправность и устранить ее, но и предупредить ее возникновение. Современные автоматизированные системы контроля позволяют даже определить износ конструкций (не доступных визуальному осмотру), например, металлических, т.к. существуют датчики, реагирующие на повышение коррозии.

И главным методом повышения энергоэффективности является снижение энергозатрат. Основным конструктивным элементом, влияющим на теплотери здания, являются ограждающие конструкции, имеющие оконные проемы. И большинство многоквартирных домов, построенных по старым строительным нормам (постройки до 1999 года) потребляют на 70 % больше тепла, чем современный аналогичный многоквартирный дом. Решением является наружное утепление фасадов и использование энергоэффективных окон, аккумулирующих тепло и энергию солнца. Более того, современное разнообразие технологий по устройству фасадов позволяют выбрать наиболее рациональное решение для каждого конкретного объекта.

Также нельзя оставлять без внимания возможность использования альтернативных источников энергии. Поэтому необходимо рассмотреть методы внедрения таких элементов в «тело» жилого дома.

В магистерской работе будет рассмотрен вариант применения солнечных панелей, интегрированных в конструкцию фасада для получения дополнительной энергии.

И не менее важным методом повышения энергоэффективности зданий, а в дальнейшем и поселков, городов, страны является донести важность данной проблемы до населения, заинтересовать и привлечь граждан к поиску и принятию решений и избавиться от боязни чего-то нового и ранее неизведанного.

Библиографический список

1. Новак А.В. Доклад о развитии энергоэффективности и энергосбережения на заседании Правительства РФ. Москва. 19.10.2017 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/9590>.
2. Сайт Министерства энергетики РФ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/>, свободный.
3. Белова Т.Д., Марченко Е.М. Анализ факторов, влияющих на энергоэффективность региона: управленческий аспект // Вопросы управления. 2015. Выпуск 35.
Режим доступа: <http://vestnik.uapa.ru/ru/issue/2015/04/15/>.
4. Воздвиженская А. За энергоэффективные дома хотят поощрять // Российская газета. 7 декабря 2017 г. № 7444.
5. Белова А. Экологическое строительство: западный и российский опыт // Строительный форум RMNT.RU. Режим доступа: <https://www.rmnt.ru/story/realty/367711.htm>.
6. Зубков И. Всем до лампочки // Российская газета. 3 августа 2015 г. № 6741.
7. Алешин А.Н., Козлов А.В., Мордовский С.С., Заславский Е.М. Методология капитального ремонта конструктивных элементов многоквартирных домов в рамках технической политики. // Современные проблемы науки и образования. 2015. №2 (часть 2).

КОМПЛЕКС ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ БЛАГОУСТРОЙСТВА ЗОНЫ ОТДЫХА «ЗЕЛЕНЫЙ БОР»

Михайлова А.А., студент 1-го курса 7 группы магистратуры ИИЭСМ
Научный руководитель – **Король Е.А.**, проф., д.т.н.

В настоящее время все большее значение приобретают мероприятия по улучшению окружающей среды, озеленению, благоустройству городов и населенных мест. Возрастает значение естественной природы в озеленении города, формировании его внешнего облика. Все более актуальным становится улучшение эстетического вида городских парков: ухоженная растительность, яркие гармоничные цветники, удобные скамейки для отдыха, презентабельного вида дорожки, красивый ухоженный газон.

Цель данного исследования заключается в разработке инновационной концепции для улучшения условий функционирования, внешнего вида и оснащения городских территорий на примере парка «Зеленый бор» в районе Крюково Зеленоградского административного округа. Реализация данной концепции направлена на создание нового современного пространства, объединяющего в себе культурно-развлекательные функции и комфортное пребывание в парке.

На данный момент территория не благоустроена и не входит в границы благоустройства территории после завершения строительства в 23-м микрорайоне (рис. 1).

Жилой комплекс «Зеленый бор» реализован как место компактного проживания жителей. Микрорайон состоит из 11 жилых домов: 4-х многоквартирных дома с переменной этажностью от 7-и до 11-и этажей и 7-и 18-этажных дома башенного типа.

Микрорайон полностью обеспечен необходимой инфраструктурой. Построена школа на 550 учащихся с блоком начальных классов на 300 учеников и детский сад на 280 мест, которые начали свою работу в 2015 году.

На территории 23-го микрорайона построен многофункциональный торговый комплекс «Столица» площадью 9306 м² с магазинами разной направленности, ресторанами, центром детского развития и детской игровой площадкой, туристическим агентством и др. Несмотря на это, в настоящее время на данной территории отсутствуют детские и спортивные площадки, площадки для выгула собак и зоны отдыха (рис. 2).

Благоустройство и озеленение осуществляется в соответствии с нормами градостроительного проектирования. На схематических рисунках благоустройство территорий обозначается одной чертой и не отражает весь перечень работ, необходимых для строительства. Разработка организационно-технических моделей позволяет проводить компактные работы с минимальными угрозами для жителей и природы выбранного района. Именно для этого, необходимо создание модели благоустройства территорий, позволяющей конкретизировать каждый вид работ, необходимых для благоустройства парковой зоны.



Рис. 1. Фотофиксация существующего положения зоны отдыха.

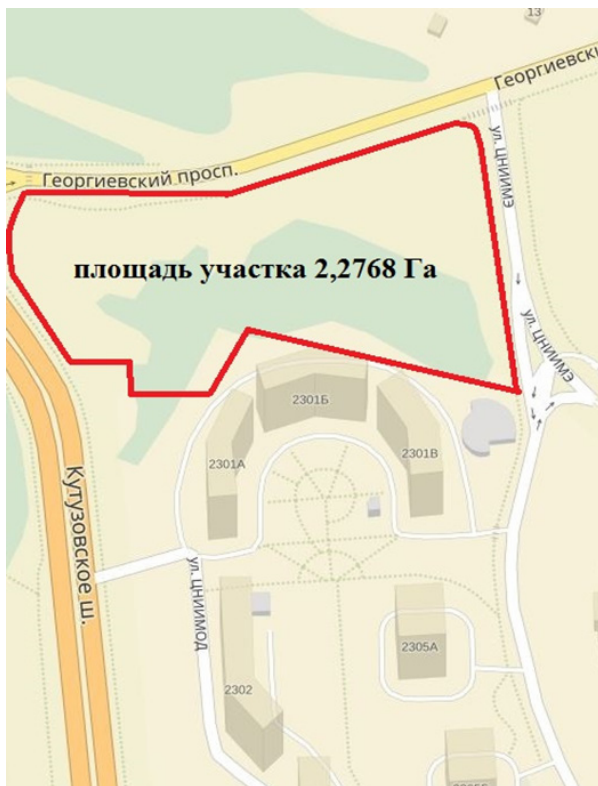


Рис. 2. Границы зоны отдыха в районе

В рамках благоустройства зоны отдыха «Зеленый бор» планируется выполнить следующие виды работ:

1. Обустройство дорожно-тропиночной сети и зонами отдыха с покрытием из брусчатки, установка МАФ.
2. Обустройство детской площадки с травмобезопасным покрытием и установкой игрового комплекса.
3. Обустройство спортивной площадки (хоккейная коробка) с разделками и туалетами, обустройство спортивной площадки WorkOut с тренажерами, обустройство площадки для выгула собак с контейнером для сбора органических отходов.
4. Обустройство освещения на всех объектах, обустройство газонов.
5. Высадка большого количества декоративных сортов деревьев и кустарников в качестве компенсационного озеленения.

Территория зоны отдыха должна развиваться с учетом рельефа местности и максимального сохранения зеленых насаждений как комплексный парк культуры и отдыха населения города Зеленограда с разделением на соответствующие функциональные зоны.

В целях равномерного распределения различных форм отдыха предусмотреть на территории следующие зоны:

1. Зона активного отдыха: площадки для различных видов спорта, современного назначения, в том числе для разных возрастных групп, детскую площадку с обустройством:
 - игровая площадка для детей: игровой комплекс, качели, качели-балансир, песочника с навесом, карусели, парковые диваны, урны, травмобезопасное покрытие, освещение.
 - хоккейная площадка: помещения для переодевания, ограждение, освещение, био-туалет, трибуны, урны.
 - площадка WorkOUT: помещения для переодевания, ограждение, освещение, био-туалет, трибуны, урны.
2. Парковая зона: дорожно-тропиночная сеть, малые архитектурные формы для отдыха, установка МАФ (лавочки, урны).
3. Площадка для выгула собак: помещения для переодевания, ограждение, освещение, био-туалет, трибуны, урны.

Все это позволит спроектировать озелененное общественное пространство для отдыха и развлечений горожан с их детьми без вреда для жителей данного района. Внедрение современных технологий в системы городского озеленения и построения площадок позволяют поддерживать порядок, связанный с благоустройством городов, тем самым повышая уровень жизни и экологическую ситуацию.

Подводя итоги, следует отметить, что сегодня позитивный городской имидж влияет на привлекательность города для гостей, так и на социальное самочувствие населения данной территории, инвестиционное и экономическое развитие. С помощью благоустройства территории города можно заметно обогатить облик города, оказать благоприятное влияние на общее

эстетическое восприятие, повысить у населения уровень доверия к органам государственной власти.

Библиографический список

1. Васильева Г. Деревья посчитают / Г. Васильева, М. Темникова // Ленинская правда. 2012. №37–38.
2. Велихов Л.А. Основы городского хозяйства. – М.: Наука, 2016.
3. Денисов В.Н. Благоустройство жилых территорий / В.Н. Денисов, И.Н. Половцев, Т.В. Евдокимов, 2012.
4. Донченко, О.М. «Благоустройство территорий, прилегающих к зданию»: методические указания / О.М. Донченко, И.П. Копица – Белгород, 2005.
5. Николаевская И.А. Благоустройство территорий / И.А. Николаевская. – М.: Академия, 2016.
6. Официальный сайт единой информационной системы в сфере закупок <http://zakupki.gov.ru>
7. Система муниципального управления: учебник для вузов / под ред. В.Б. Зотова – СПб.: Питер, 2013.

РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ КРЫТЫХ СТАНЦИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

*Плюснина Е.В., студент 3-го курса 23 группы ИИЭСМ
Научный руководитель – Берлинова М.Н., доц., к.т.н.*

Железнодорожная станция – это часть транспортной инфраструктуры, без которой сегодня человечеству не обойтись.

Развитие концепции крытых станций заключается в следующем: в создании такого проекта, который по функциональному назначению будет похож на вокзал, но в несколько раз меньше, так же будет иметь подземную инфраструктуру и будет полностью изолирована от воздействия окружающей среды.

Положительная сторона данной идеи заключается в том, что:

- крыша будет полностью защищать платформу от внешних воздействий, создавая некий «купол» защищающий пассажиров, находящихся на платформе;
- способность удерживать тепло зимой и прохладу летом, создавая комфортное передвижение пассажиров;
- поездки станут намного комфортнее!

Современные тенденции развития строительных технологий определяют необходимость предлагаемого решения для:

- развития территорий;
- решения транспортных проблем;
- создания безбарьерной и безопасной среды;
- выравнивания социальной дифференциации;
- мощного развития экономики несырьевого характера.

Предпосылки идеи создания теплых крытых станций

Большая часть людей Москвы и Московской области, да и остальных регионов нашей России пользуется железнодорожным транспортом, включив комфорт у такого важного транспорта, мы лишаем себя возможности жить и путешествовать лучше, и в результате:

- *гигантские расходы на поддержание всего этого (старого) хозяйства;*
- *экономические убытки, не поддающиеся исчислению, если учесть количество таких станций в России.*

На рис. 1 и рис. 2 приведен пример железнодорожной станции в Подмосковье. Виден металлический забор, который давно можно назвать мусором, покрытым ржавчиной. Другими словами, разруха. Даже летом всё это выглядит не очень привлекательно. Что поменялось структурно за последние 15, 20, 40, 50 лет?

Ничего!



Рис. 1. Железнодорожная станция



Рис. 2. Железнодорожная станция.

Всё что можно с этим сделать, это покрасить еще раз краской серого цвета.

Можно добавить еще кучу ржавого железа, будок и арматуры, сделать примитивную вывеску в стиле 90-х, воткнуть еще один столб.

И жителей заставляют пользоваться этим вместо комфортных автомобилей? «Уж лучше постоять в пробке», подумает человек.

Отсюда следует вывод, что нужно преобразить наши станции в нечто такое, что позволит жителям считать поездку на электричке/поезде при-

ятным времяпровождением, а позволит нам в этом отечественный и зарубежный опыт!

Малые железнодорожные пассажирские платформы Швейцарии. Ключик к развитию

На примере типовых швейцарских платформ можно оценить основную стратегию создания предлагаемого проекта, устройство платформы и её основные элементы (рис. 3).



Рис.3. Железнодорожная станция в Швейцарии

На рис. 3. видно минимализм, дизайн, эстетика, эргономика и продуманность в подборе материалов – *вот секрет современного общественного пространства!*

Станция закрытого типа

Здесь ярким примером является метрополитен в Санкт-Петербурге. Станции закрытого типа — один из подвидов колонно-стеновой станции глубокого заложения без боковых посадочных платформ. По обеим сторонам центрального зала находятся проёмы, закрытые станционными дверями, отделяющими тоннели, где останавливаются прибывающие поезда, от зала (рис. 4, 5).

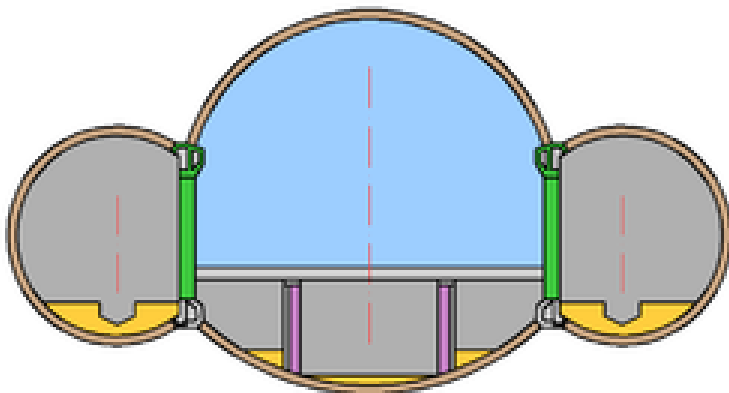


Рис. 4. Типовая конструкция станции закрытого типа («горизонтальный лифт»)

Двери зала открываются/закрываются автоматически после открытия/закрытия дверей поезда. Поезда должны останавливаться с таким расчётом, чтобы створы дверей вагонов точно совпадали со створами дверей зала. Удешевление и ускорение строительства стали основными причинами строительства станций этого типа.



Рис. 5. Станция «Парк Победы»

Станции типа «горизонтальный лифт» были придуманы в хрущёвскую эпоху тотальной экономии и были призваны сократить стоимость постройки станции. В таких станциях не строятся боковые залы и платформы. Двери могут открываться автоматически, с пульта управления машиниста и ключом из зала.

Для того, чтобы застрявший между четырьмя дверьми пассажир не был раздавлен, между уровнями дверей имеются датчики. При пересечении инфракрасного луча подаётся сигнал о запрещении отправления.

От постройки этих станций отказались, так как они требовали очень высоких материальных затрат на техническое обслуживание дверей, и не обеспечивали большой пропускной способности (так как используется только один зал), и замедляется средняя скорость движения составов по линии. Но применительно к железнодорожным станциям, это не будет проблемой, так как движение менее интенсивно, по сравнению с метро.

Предлагаемая концепция

На основании приведенных выше примеров, используя современные технологии, можно предположить, что идея теплой станции на железных дорогах России, с ее холодным климатом, является вполне актуальной. Но имеются некоторые проблемы как финансового, так и технологического характера.

Во-первых: при строительстве предлагаемых теплых станций требуется нулевое начало!

Существующие железнодорожные станции обычно располагаются на поверхности земли, имеют одну или пару платформ, место расположения касс и турникетов. Большая часть платформы ничем не защищена.

К сожалению, в застроенных городах, таких как Москва, мы сможем осуществить эту идею только накрыв платформы павильонными конструкциями с раздвигающимися дверями.

Но на новом месте с легкостью можно построить предлагаемую станцию.

Во-вторых: все станции должны быть ограждены павильоном и иметь турникеты.

Не все станции могут себе позволить разместить турникеты вблизи станции (в больших городах). Чтобы не занимать территорию платформы, требуется воспользоваться пространством над и под станцией.

Повседневные железнодорожные станции имеют продольное объемно-планировочное решение. Для удобства и разгрузки потока людей требуется подобрать правильное конструктивное решение и создать пути их продвижения так, чтобы станция смогла с легкостью пропускать потоки большого количества людей. Для этого требуется разместить до 70 % станции под землей.

Предлагаемая конструкция теплой станции будет состоять из простых геометрических фигур – параллелограммов, квадратов и т.п.

Каркас коробки должен быть быстро возводимый, как металлический конструктор. Условно ведение работ имеет следующий порядок: сначала в котловане устраивается железобетонный фундамент, затем устанавливается металлический каркас, стены заливаются бетоном, возводится крыша над платформой (рис. 6, 7).

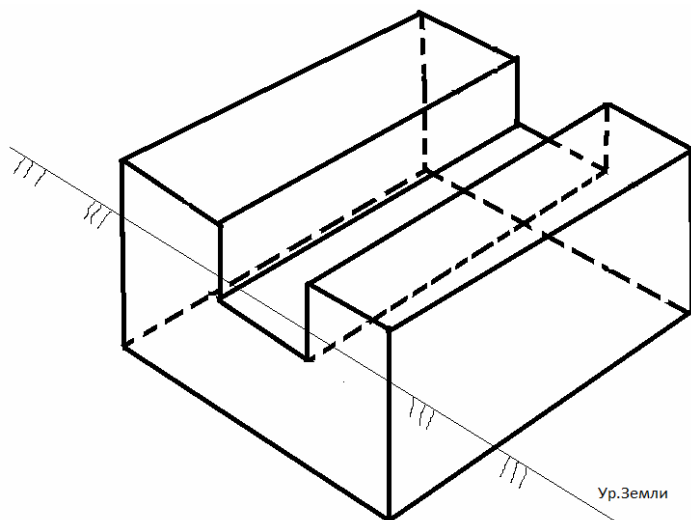


Рис. 6. Схема конструкции основания платформы

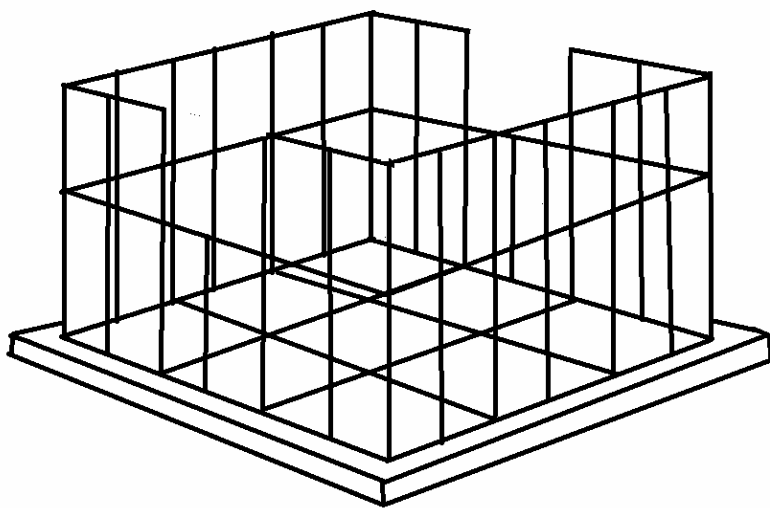


Рис. 7. Схема металлического каркаса основания платформы

Конструктивное решение крыши станции состоит в следующем: для создания мощного каркаса выбрана форма 1/4 круга (рис. 8), которая будет полностью защищать от внешних воздействий окружающей среды (возможно использовать и другие формы крыш).

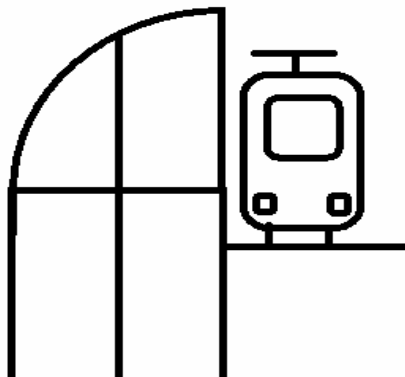


Рис. 8. Схема конструктивного решения крыши станции

Очевидно, что реализация идеи теплых железнодорожных станций принесет людям комфортное путешествие от дома до работы, до университета и т.д., позволит пассажирам превратить свои 30-40 и более минут в поезде и на станциях в комфортное и не утомительное передвижение. Возможно сделать современным и выразительным архитектурное решение, расположив внутреннюю часть станции под землей, оставив на поверхности лишь красивую «верхушку айсберга».

У нас есть российский опыт, позволяющий сделать конструкции «на века», а заимствование иностранного опыта позволит использовать новые материалы и технологии, которые могут прослужить гораздо дольше, что обеспечит экономную эксплуатацию таких конструкций.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 55056-2012 Транспорт железнодорожный. Основные понятия. Термины и определения.
2. ВСН 56-78. Инструкция по проектированию станций и узлов на железных дорогах Союза ССР.
3. Галеев В.П., Пищук Ф.П., Егоренко В.И. Безопасность движения на железнодорожном транспорте. Минск, 1996.
4. Федеральный закон «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации». № 17-ФЗ от 10.01.2003 г. – СЗ РФ № 2, ст. 169 от 13.01.2003 г.
5. Явейн И.Г. Архитектура железнодорожных вокзалов. 1938.
6. Железные дороги. Общий курс: Учебник для вузов / М.М. Уздин, Ю.И. Ефименко, В.И. Ковалев, С.И. Логинов, Б.Ф. Шаульский; Под ред. М.М. Уздина. 5-изд. перераб. и доп. — СПб.: Информационный центр «Выбор», 2002. 368 с.
7. Сайт Железнодорожности. О железных дорогах моими глазами. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://rzd.me>, свободный.

ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ НАВИГАЦИОННЫХ ДАННЫХ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

*Помазан Е.С. студент 2-го курса 6 группы ИИЭСМ
Научный руководитель – Кустикова Ю.О., доц., к.т.н.*

В настоящее время очевидна возрастающая роль транспортного комплекса и транспортно-технологических систем в жизни городов и регионов, их незаменимость в решении базовых социальных и экономических задач. Потребности современного общества в увеличении объемов транспортного сообщения и повышении его надежности, качества и безопасности постоянно возрастают [1]. По данным Федеральной службы государственной статистики, уровень автомобилизации составил около 575 автомобилей на тысячу человек, что приближает Россию к мировым лидерам как представлено на таблице.

При этом столь же очевидной стала высокая цена всеобщей автомобилизации в России, в первую очередь в крупных городах и областях. В данном случае речь идет не только о таких «традиционных» для автомобильного транспорта негативных последствиях, как загрязнение окружающей среды и гибель людей в ДТП. В последние годы серьезнейшей проблемой крупных городов стало хроническое возникновение заторов на дорожной сети, приводящее к потерям, соизмеримым с суточным бюджетом времени людей, который в свете современных экономических теорий является очень дорогим ресурсом.

Движение потока автомобилей является результатом непрерывного взаимодействия между отдельными элементами сложной системы «водитель – автомобиль – дорожные условия – средства управления движением – окружающая среда», как в пространстве, так и во времени. Особенностью этой системы является функционирование в условиях действия большого количества случайных факторов.

Чтобы обеспечить наиболее эффективное функционирование системы (в нашем случае наиболее безопасные, удобные и экономичные условия движения потоков автомобилей), необходимо определить количественные связи внутри системы и установить их влияние на поведение всей системы как единого целого. На основе системного подхода были выявлены основные факторы, оказывающие влияние на транспортный поток, и оценена степень влияния этих факторов. К объективным факторам, влияющим на выбор режима движения водителем, можно отнести [2]:

- текущие дорожные условия движения;
- фазовое состояние транспортного потока;
- характер возникшей транспортной ситуации;
- погодные условия;
- тип и технические характеристики транспортного средства.

А теперь разберем автоматизированные системы управлением дорожным движением.

В настоящее время техника автоматического измерения почти всех параметров транспортных потоков с использованием технических устройств детекторов достигла такого уровня, что проблема создания комплексной системы контроля и управления транспортными потоками города или региона является проблемой только экономической.

Специфической особенностью решения подобного рода задач является трудность и дороговизна получения исходных данных. Наиболее распространенным, в настоящее время, методом получения оперативных данных о параметрах транспортного потока является использование информации автоматизированных систем управления дорожным движением, работа которых основана на использовании специализированного комплекса аппаратных и программных средств [3, 4]. Терминальные технические средства устанавливаются в наиболее напряженных точках улично-дорожной сети. Скорость может быть получена с помощью радарного или микроволнового детектора.

Показательным примером подобной информационной общегородской системы является лондонский проект «Transport for London» [5]. В рамках этой системы на 2015 год установлено около 3 тыс. терминальных устройств системы. Данные с многочисленных детекторов транспорта и камер видеонаблюдения передаются в диспетчерский центр, обрабатывающий информацию в режиме «on-line». После обработки поступившей информации все пользователи системы получают возможность оценки интересующей их информации и принятия соответствующих решений [6]:

- директивное и косвенное управление дорожным движением;
- оперативное реагирование специальных городских служб на чрезвычайные ситуации;
- оценка эффективности работы пассажирского транспорта и соответствующие управляющие воздействия;
- общая оценка транспортной обстановки в городе.

В Москве подобной системой является АСУ-ДД «Старт», которая разрабатывается и внедряется уже много лет. Однако до сих пор охватывает только центральную часть города и фрагментарно отдельные участки крупнейших городских магистралей, что делает практически невозможным комплексное адаптивное управление транспортными потоками [7].

Применяемые в настоящее время для диспетчерского управления на городском общественном транспорте спутниковые системы навигации открывают возможность создания принципиально нового метода измерения средних скоростей потоков. Суть метода состоит в отыскании функциональной связи между параметрами движения пассажирских транспортных средств, измеряемых по данным спутниковой навигации, и параметрами транспортного потока в целом. Наличие этой связи позволит оценивать значения параметров транспортных потоков, обеспечивая тем самым систему мониторинга транспортных потоков важнейшей информацией о состоянии дорожного движения на улично-дорожной сети города.

Задача получения значений параметров транспортных потоков на транспортной сети технически решена на основе использования технических средств в виде детекторов и других периферийных устройств, входящих в состав автоматизированных систем управления дорожным движением. Основной причиной «медленного» развертывания автоматизированных систем управления дорожным движением является их сложность, масштабность, дороговизна. В связи с этим возрастает потребность в альтернативных источниках информации для повышения информированности участников транспортных процессов и всех заинтересованных потребителей информации о состоянии транспортных потоков. Решение большинства задач, направленных на улучшение транспортной ситуации, требует в качестве исходной информации знания значений параметров транспортных потоков на транспортной сети.

Библиографический список

1. Богумил В.Н., Гуревич Г.А., Ожерельев М.Ю., Переход от диспетчерского к непрерывному диспетчерскому управлению пассажирским маршрутизированным транспортом // Автотранспортное предприятие. 2007. №6. С. 38-42.
2. Кремнец Ю.А., Печерский М.П., Афанасьев М.Б. Технические средства организации дорожного движения. – М., «Транспорт», 2005. – 279 с.
3. Красников А.Н. Скорости движения потоков автомобилей на автомагистралях с шестью полосами движения. В кн. «Проектирование дорог и безопасность движения» – Труды МАДИ, вып. 72, 1974. С. 71-75.
4. Богумил В.Н., Ефименко Д.Б. Оценка основных параметров транспортных потоков на основе использования навигационных данных транспортных средств городского пассажирского транспорта // Автотранспортное предприятие. 2009. №9. С. 17-21.
5. City of London Unitary Development Plan 2010. Chapter 9: transport and Movement. 2010. P.99-136.
6. ГОСТ Р 52456-2005 «Глобальная навигационная спутниковая система и глобальная система позиционирования Приемник индивидуальный для автомобильного транспорта. Технические требования».
7. Федеральный закон от 08.11.2007 №259-ФЗ «Устав автомобильного транспорта и городского электрического транспорта».

ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ЗАЩИТЕ ПОДЗЕМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ АГРЕССИВНОГО ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

*Смирнова Н.В., аспирант 2-го года обучения ИИЭСМ
Научный руководитель – Сокова С.Д., проф., к.т.н.*

Гидроизоляцией является комплекс мероприятий, направленный на защиту каменных и железобетонных строительных конструкций от действия воды естественного и искусственного происхождения. Совокупность гидроизоляционных материалов подземных конструкций выполняется при возведении нового, ремонта и реставрации старого основания.

В первую очередь, гидроизоляция ограждает конструкции от негативного воздействия вод, что обеспечивает максимальный срок службы конструкций. Однако длительные исследования подземных конструкций зданий и сооружений демонстрируют, что «отказ» гидроизоляционных систем в 95 % случаях происходит на ранней стадии эксплуатации. Зачастую эта закономерность связана с ошибками, совершаемыми на стадии проектирования и при производстве строительных работ.

При проектировании и дальнейшем осуществлении работ необходимо учитывать различные факторы, приводящие к постоянному намоканию подвальных помещений, разрушению подземных конструкций.

Воздействие дождевых, грунтовых, талых вод представлено в виде схемы на рис. 1.



Рис. 1. Схема воздействия воды на конструкции здания

На строительную конструкцию с наружной стороны действует два вида воды: атмосферная и грунтовая.

Грунтовые воды делятся на три категории по гидрофизической нагрузке:

- влажностью. Происходит движение воды в порах и капиллярах строительных конструкций. Интенсивность движения зависит от местонахождения, источника влаги, температуры и пористости материала конструкции.
- стекающей (гравитационной) водой. Возникает при жидком состоянии воды, которая не образует давления либо образует очень низкое давление. Вода течёт по вертикальным, наклонным поверхностям строительных конструкций, без задержек и образования связной поверхности. Количество стекающей воды и уклон гидроизоляции влияет на интенсивность нагрузки.
- напорной водой (наиболее вредоносная). Возникает при жидком состоянии воды, измеряемом гидростатическим давлением. В водопроницаемых материалах образуется связный уровень, под которым вода распространяется в различных направлениях. Гидростатическое давление воды влияет на интенсивность нагрузки.

К мероприятиям от напорных грунтовых вод относятся: устройство дренажа, создание местности, образование объекта и гидроизоляционной системы. Указанные мероприятия оказывают влияние на изменение уровня подземной воды, а также полезны с точки зрения снижения финансовых затрат на проведение гидроизоляции.

Классификация гидроизоляционных материалов по технологии укладки представлена на рис. 2.



Рис. 2. Классификация гидроизоляционных материалов по технологии укладки

Применяемые методы позволяют ликвидировать негативные последствия намокания фундаментных стен. К подобному роду последствиям относятся: сырость помещений; образование грибка; выпучивание, шелушение штукатурки и краски; выветривание цементного камня в фундаментных блоках, швах и кирпичной кладке; образование трещин, пустот и полостей.

Для оценки технического состояния конструкций широко применяется визуальное обследование – наиболее простой и быстрый метод, определяющий состояние конструкций по внешним признакам повреждений.

Общей целью обследований технического состояния строительных конструкций является выявление степени физического износа и дальнейшая разработка мероприятий по восстановлению эксплуатационных качеств объекта. Схема представлена на рис. 3.



Рис. 3. Схема обследования

Натурные обследования конструкций зданий и сооружений охватывают следующие этапы:

- предварительный;
- детально-инструментальный;
- определение физико-технических характеристик материалов конструкций в лабораторных условиях.

Однако при определении надёжности и категории технического состояния конструкций и всего здания в целом не учитываются возможные скрытые дефекты, снижающие несущую способность.

Присвоение той или иной категории состояния конструкции носит достаточно субъективный характер.

В процессе мониторинга за состоянием эксплуатируемых конструкций можно отметить циклическое изменение их надёжности. В большинстве случаев «отказы» гидроизоляционных систем подземных сооружений происходят по истечении определённого срока эксплуатации. Выбор надёжной гидроизоляции подземных сооружений является одной из важнейших и главных задач, определяющих долговечность всего здания.

Таким образом, необходимо проводить мониторинг, с определенной периодичностью наблюдать за появлением деформаций, трещин, повреждений.

К задачам исследований относятся: выявление и оценка мест, узлов и стыков – слабых зон, которые имеют вероятность «отказов», и могут привести к аварийным ситуациям (протечкам, увлажнениям, промерзаниям).

Определённые трудности возникают при выполнении ремонтных работ, когда отдельные элементы «отказывают» в различное время. При максимальном совмещении всех кривых износа в единый ремонтный момент – идеальная, но маловероятная ситуация. Наиболее маловероятно их совмещение и с максимальной продолжительностью эксплуатации.

Эксплуатационная программа подземной гидроизоляционной системы имеет иной подход, в отличие от конструктивных элементов, такие как стены, фундаменты. Для проверки гидроизоляции не подходят технические осмотры – система эксплуатационных оценок. Наилучшей альтернативой осмотрам является обследование и диагностика гидроизоляции на основе современных технических средств в виде электронных влагомеров, трещиномеров, тепловизоров и иных приборов, а также современных компьютерных программ для каждого конструктивного решения и применяемого гидроизоляционного материала.

Для выбора оптимального решения гидроизоляции должен производиться расчёт, аналогичный расчёту строительных конструктивных элементов.

В своей работе мы применяем различные математические методы для выбора наиболее эффективных решений.

Одним из таких методов является метод анализа иерархий (МАИ). На основе экспертных оценок для каждого конкретного объекта МАИ помогает выбрать эффективный безотказный вариант гидроизоляции конструкций.

К другому методу относится логико-вероятностный метод (ЛВМ). На основе ЛВМ выполнены сравнительные расчёты в зависимости от структуры конструктивных слоев и особенностей объекта. Результатом стали предпочтительные варианты защиты конструкций, оценки надёжности системы, важности каждого используемого элемента.

Таким образом, благодаря математическим расчётам с применением булевой алгебры появляется возможность повысить уровень надёжности гидроизоляционной системы.

Библиографический список

1. Шилин А.А., Зайцев М.В., Золотарев И.А., Ляпидевская О.Б. Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте: Учебн. пособие. – Тверь, Русская торговая марка. 2003. – 398 С.
2. Астафьева Н.С., Попов Д.В., Фомина Ю.А., Якупова Г.И. Защита подземных частей зданий и сооружений от воздействия подземных вод // Региональное развитие. 2014. № 3,4. С. 202-205.
3. Волков А.А., Муминова С.Р. Интерактивное планирование ремонтных работ для жилых зданий // Вестник МГСУ. 2013. № 4. С. 209-213.
4. Сокова С.Д., Смирнова Н.В., Смирнов А.В. Математический подход к решению проблемы выбора гидроизоляции подземных частей зданий и сооружений // Научное обозрение. 2017. № 9. С. 35-39.

5. Калинин В.М., Павленко М.Р. О необходимости разработки интегрированной системы мониторинга и плановых ремонтов зданий // Технология и организация строительного производства. 2012. № 2. С. 48-49.

6. 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.

7. СП 250.1325800.2016. Здания и сооружения. Защита от подземных вод. М.: Минстрой России. 2016.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИЙ С ПРЕДНАПРЯЖЕННОЙ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ

*Юрпольская В.П., аспирант 3-го года обучения ИИЭСМ
Научный руководитель – Кустикова Ю.О., доц., к.т.н.*

Вопросы расчета конструкций с предварительным напряжением неметаллической композитной арматурой рассматривались только в канадских нормах CNS [2], специальном документе ACI 440.4R-2004 [4] и рекомендациях НИИЖБ для стеклопластиковой арматуры 1978 [1].

Основным направлением эффективного применения неметаллической композитной арматурой в советских исследованиях предполагалось применение неметаллической композитной арматурой именно для преднапряженных конструкций. Были разработаны соответствующие методики и условия для стеклопластиковой арматуры. В целом методики повторяют условия расчета железобетонных конструкций с предварительно напряженной стальной арматурой, но учитывают экспериментальные данные, связанные с потерями предварительного напряжения для неметаллической композитной арматурой.

В рекомендациях [1] были оговорены следующие условия для стеклопластиковой арматуры:

- Арматуру напрягают механически. Мгновенная передача усилий обжатия на бетон не допустима.

- Предельная величина предварительного напряжения σ_0 назначается с учетом допустимого отклонения 5% таким образом, чтобы выполнялось условие $1,05\sigma_0 \leq 0,8R_{II}$, где R_{II} – расчетное сопротивление арматуры для предельных состояний второй группы.

- Потери предварительного напряжения складываются из:

- Релаксации напряжений стеклопластиковой арматуры при температуре 20°C – $0,06\sigma_0$ для воздушно сухих условий; $0,16\sigma_0$ для водонасыщенного состояния

- Релаксации напряжений стеклопластиковой арматуры при температуре 80°C – $0,11\sigma_0$ для воздушно сухих условий

- Температурного перепада арматуры и бетона при прогреве по формуле $\alpha_b E_a \Delta t$, где α_b – коэффициент линейного расширения бетона, E_a – модуль упругости стеклопластиковой арматуры, Δt – разность температуры прогреваемой конструкции и устройства, воспринимающего усилие натяжения.

- Ползучести и усадки бетона - потерь, вычисленных как для железобетонного элемента и умноженных на отношение модуля упругости стеклопластиковой арматуры к модулю упругости стальной арматуры

- Потери предварительного напряжения принимаются не менее 50МПа.

- Величина предварительного напряжения вводится в расчет с учетом точности натяжения $\pm 10\%$ (знак + при неблагоприятном влиянии предварительного натяжения и знак – при благоприятном).

В нормах АСІ [4] также принят общий подход расчета железобетонных конструкций, при этом допустимые расчетные деформации неметаллической композитной арматурой ε_f в предельной стадии определяются как:

$$\varepsilon_f = \varepsilon_{pu} - \varepsilon_{pe} - \varepsilon_d - \varepsilon_{pr} \quad (1)$$

где ε_{pu} – предельная деформация неметаллической композитной арматурой на растяжение; ε_{pe} – деформация, вызванная предварительным напряжением стержня без учета, ε_d – деформация, связанная с потерями от ползучести и усадки бетона; ε_{pr} – деформация, связанная с длительными эффектами (релаксацией усилий). Нормы АСІ [4] распространяются только на углепластиковую и органопластиковую неметаллическую композитную арматуру.

Дополнительно введены следующие коэффициенты надежности и условия:

- Обобщённый коэффициент надежности при разрушении по растянутой

арматуре $\varphi=0,7$ для органопластиковой и $\varphi=0,85$ для углепластиковой арматуры и $\varphi=0,65$ для разрушения по сжатой зоне. Критерием разрушения по сжатой зоне является предельная относительная деформация в арматуре 0,002, по арматуре – 0,005. Для промежуточных значений относительных деформаций коэффициент надежности φ может определяться интерполяцией.

- Допустимые напряжения в бетоне (в крайнем волокне сечения) от нормативных нагрузок ограничены:

- в момент передачи натяжения на бетон в сжатой зоне $0,6f_c$, в растянутой зоне $0,25\sqrt{f_c}$ (на торцевых участках $0,5\sqrt{f_c}$)

- в эксплуатационной стадии после потерь преднапряжения и в сжатой зоне от сочетания преднапряжения и длительной нагрузки $0,45f_c$, от сочетания всех нагрузок и преднапряжения $0,6f_c$, в растянутой зоне $0,5\sqrt{f_c}$

- Предельная величина предварительного напряжения назначается $0,65f_{pu}$ для углепластиковой арматуры, $0,5f_{pu}$ для органопластиковой (f_{pu} – предел прочности неметаллической композитной арматурой). При этом после отпуска арматуры напряжения в ней не должны превышать $0,6 f_{pu}$ для углепластиковой и $0,4 f_{pu}$ для органопластиковой.

- Потери от релаксации усилий предварительного натяжения в неметаллической композитной арматуре представлены как сумма трех составляющих: релаксации усилий в полимерной матрице (0,6% для углепластиков; 1,2% для органопластиков); релаксации от распрямления волокон неметаллической композитной арматуры (1-2%); релаксации усилий в самих волокнах (6-18% для арамидных волокон; для углеволокон принимается не менее 50% от значений потерь для стальной арматуры).

- Потери, связанные с деформациями бетона, принимаются также как для железобетонных конструкций.
- Для конструкций с преднапряженной арматурой без сцепления с бетоном, где не обеспечивается единство деформаций в растянутом бетоне и неметаллическая композитная арматура, вводится специальный эмпирически установленный коэффициент приведения Ω . На данный коэффициент умножаются относительные деформации неметаллической композитной арматуры, вычисленные в предположении совместной работы арматуры с бетоном в сечении:

$$\Omega_u = \frac{3,0}{(L/d_p)} \quad (2)$$

где d_p – рабочая высота сечения, L-пролет.

Канадские нормы [3,2] предлагают подход аналогичный нормам АСІ.

При этом нормы по расчету мостовых сооружений допускают применение в качестве преднапряженной арматуры также стеклопластиковой неметаллической композитной арматуры без сцепления с бетоном. Также имеются отличия при нормировании предельной величины предварительного напряжения в зависимости от типа конструкции и вида неметаллической композитной арматуры (см. табл.1).

Канадскими нормами [3] дополнительно нормируется минимальный процент армирования ненапрягаемой арматуры в сечении (см. табл.2) и минимальная длина зоны передачи натяжения на бетон и анкеровки для некоторых типов неметаллической композитной арматуры, оговоренных в нормах (см. табл.3).

Таблица 1

Предельная величина предварительного напряжения норм [3, 2]

Тип неметаллической композитной арматуры	Предельная величина предварительного натяжения неметаллической композитной арматуры		Напряжения в неметаллической композитной арматуре после отпуска натяжения	
	Арматура со сцеплением с бетоном	Натяжение на бетон	Арматура со сцеплением с бетоном	Натяжение на бетон
Углепластик	$0,7f_{pu}$	$0,7f_{pu}$	а) $0,65f_{pu}$ б) $0,60f_{pu}$	$0,65f_{pu}$
Органопластик	$0,4f_{pu}$	$0,4f_{pu}$	а) $0,35f_{pu}$ б) $0,38f_{pu}$	$0,35f_{pu}$
Стеклопластик	а) $0,30f_{pu}$ б) -	а) $0,30f_{pu}$ б) -	а) $0,25f_{pu}$ б) -	а) $0,25f_{pu}$ б) -
а) нормы для расчета мостов б) нормы по расчету зданий и сооружений f_{pu} - предел прочности неметаллической композитной арматуры				

Минимальный процент армирования ненапрягаемой арматуры

Конструкция	Тип неметаллической композитной арматуры	Напряжения в растянутой зоне бетонного сечения			
		$\leq 0,5\sqrt{f_c}$		$> 0,5\sqrt{f_c}$	
		Арматура со сцеплением с бетоном	Натяжение на бетон	Арматура со сцеплением с бетоном	Натяжение на бетон
Балка	Углепластик	0	0 0,0044 A_b	0,0036 A_b	0,0055 A_b
	Органопластик	0	0 0,0048 A_b	0,0036 A_b	0,0050 A_b
Плита	Углепластик	0	0 0,0033 A_b	0,0022 A_b	0,0044 A_b
	Органопластик	0	0 0,0036 A_b	0,0024 A_b	0,0048 A_b

$A_b = b \cdot h$ – площадь бетонного сечения элемента

Минимальная длина зоны передачи натяжения и анкеровки

Тип неметаллической композитной арматуры	Диаметр d, мм	Длина зоны передачи натяжения	Длина зоны анкеровки
Углепластик – стержневая неметаллическая композитная арматура	-	60d	180d
Углепластик – канат	-	20d	50d
Органопластик	[8-12)	50d	120d
Органопластик	[12-16)	40d	100d
Органопластик	≥ 16	35d	80d

Библиографический список

1. P-16-78. Рекомендации по расчету конструкций со стеклопластиковой арматурой. Москва: НИИЖБ, 1978.
2. CAN/CSA-S6-00. Canadian High Bridge Design Code. Canadian Standards Association, 2000.
3. CAN/CSA-S6-02. Design and Construction of Building Components with Diber-Reinforced Polymers. Canadian Standards Association, 2002.
4. ACI 440.4R-04. Prestressing Concrete Structures with FRP tendons. American Concrete Institute, 2004.

СЕКЦИЯ МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

СУЩЕСТВУЮЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГРЕЙФЕРА

*Каиштанов Е.А., студент 4-го курса 1 группы ИГЭС
Научный руководитель – Ципурский И.Л., проф., к.т.н.*

В технической литературе определение слова «грейфер» означает «захват», а глагол от этого слова звучит как «захватывать», синонимом которого являются «зачерпывать», «подгребать», «грейферовать». Эти возможные свойства и определяют принцип действия навесного оборудования данного типа. При подборе захвата нужно учитывать особенности предстоящих работ и вид материала (грунт, древесина, металлолом и пр.). Именно последний параметр помогает правильно выбрать грейфер по количеству челюстей. Так, наиболее распространенные двух челюстные грейферы используются для материалов мелких фракций (песок, щебень, гравий и пр.), а много челюстные (открытые, полузакрытые и закрытые) – для негабаритного штучного груза и крупного сырья.

В настоящее время нормативным документом для перегрузочных грейферов является ГОСТ 24599-87 «Грейферы канатные для навалочных грузов». Согласно ГОСТу, вместимость двух челюстных канатных грейферов для сыпучих материалов, в том числе и дробленых, составляет от 0,4 до 10 м³ с диапазоном градации по ряду 40R (показатель геометрической прогрессии 1,06) предпочтительных чисел по ГОСТ 8032-77 для материалов плотностью от 500 до 2800 кг/м³ и предельным размером кусков не более 300 мм. Для возможности создания типо-размерного ряда грейферов все многообразие сыпучих перегружаемых материалов разделено по объемной плотности на пять групп, а по гранулометрическому составу на шесть групп [2]. Вышеозначенный ГОСТ не распространяется на грейферы для экскавационных и горнопроходческих работ.

Говоря о грейферах, выделяют два основных типа, принципиально отличных по назначению. К первому типу относят грейферные ковши, основная цель которых – копанье грунта [8]. Ко второму – грейферные захваты, предназначенные для осуществления погрузочно-разгрузочных работ. Навесное оборудование в виде грейферных ковшей используется на экскаваторах типа «драглайн» для копания грунта [7] и на грузоподъемных кранах для погрузочно-разгрузочных работ сыпучих грузов [5]. Определение параметров последних наиболее полно освещено в целом ряде литературных источников. На базе многочисленных теоретических и экспериментальных исследований существует рекомендация двух вариантов методики проектирования зачерпывающих грейферов: проектировочный и поверочный варианты [6].

При гибкой подвеске грейфера на канатах При внедрение челюстей в зачерпываемый материал и дальнейшее заполнение грейфера в процессе смыкания челюстей осуществляется под действием силы тяжести (веса) грейфера. Поэтому правильный выбор массы грейфера является особо важ-

ным. Методы определения собственной массы грейфера проводят на основе данных, отображающих опыт эксплуатации работающих грейферов, и аналитических данных, в которых в той или иной степени учитывают влияние различных факторов на процесс зачерпывания. Глубина погружения раскрытых челюстей грейфера в материал зависит от плотности материала, массы грейфера, а также от кинетической энергии при его падении в начале самого процесса зачерпывании сыпучего материала. Каждому материалу определенной плотности соответствует своя оптимальная масса грейфера, диапазон которой условно может быть разделен на четыре типа: легкий – для зачерпывания материала с объемной массой 600-1100, средний – 1200-1900, тяжелый – 2000-2200 и очень тяжелый – 2300-2800 кг/м³. Упрощенной зависимостью для определения массы грейфера ($m_{гр}$) в функции от его вместимости (q), коэффициента ($K_{гр}$), учитывающего степень трудности производимых грейфером работ и плотности перегружаемого материала (γ) является: $m_{гр} = K_{гр} \cdot q \cdot \gamma$, которая позволяет установить его вес (G_k). Зависимость между собственным весом и вместимостью грейфера может быть выражена [5] следующим соотношением: $G_k = K_T \cdot q + 0,5$, где: K_T - коэффициент равный для легкого типа грейфера – 0,8, для среднего – 1,5, для тяжелого – 2,3 и для очень тяжелого типа этот коэффициент равен – 3,0. Существуют рекомендации по установлению веса грейферного ковша в функции от его вместимости в виде криволинейных графиков [3].

Для несъемных грузозахватных приспособлений в виде двух-, четырех канатных грейферных ковшей, которыми оснащают грузоподъемные краны с целью выполнения погрузочно-разгрузочных работ достаточно высокой эффективности, необходимый объем грейфера ($V_{гр}$) для зачерпывания сыпучих материалов устанавливаются [4] в функции от насыпной плотности груза (P_m), его массы (m_m), коэффициента наполнения (K_v), величина которого устанавливается нормативными значениями для различных грузов и предельной доли (Π) массы порожнего грейфера от общей грузоподъемности (Q) крана. Значение предельной доли для каждой из пяти классифицированных групп грузов лежит в диапазоне 0,35÷0,60, где наименьшие значения берутся для «весьма легких», а наибольшие – для «весьма тяжелых» зачерпываемых грузов. Объем ковша для конкретного груза определяется по формуле: $V_{гр} = Q \cdot (1 - \Pi) / (P_m \cdot K_v)$, м³.

Номинальную массу зачерпываемого груза $m_{ном}$ грейферным ковшом на кране определяют из равенства: $m_{ном} = Q - m_{гр}$. Необходимую силу зачерпывания – $R_{зач}$ насыпного груза с удельным сопротивлением материала зачерпыванию – ω_r (изменяется в пределах 20÷80 кН/м²) и поперечного сечения слоя зачерпываемого материала – $S_{сл}$ можно определить по аналитической зависимости [1]: $R_{зач} = \omega_r \cdot S_{сл}$, кН. Знание силы зачерпывания позволяет установить кратность полиспафта, определить усилие в замыкающем и подъемном канатах, провести прочностные расчеты.

Наряду с определением весовых и силовых параметров при проектировании грейферных ковшей устанавливают линейные и геометрические их размеры, значения которых определяют эмпирическими зависимостями

как функции вместимости ковша [9]. При расчете механизма привода замыкания челюстей устанавливают кинематические параметры процесса черпания ковшем сыпучего материала.

Библиографический список

1. Базанов А.Ф. Подъемно-транспортные машины – М.: «Стройиздат», 1969. 312с.
2. Вайнсон А.А., Андреев А.Ф. Крановые грузозахватные устройства: Справочник – М.: Машиностроение, 1982. 304 с.
3. Домбровский Н.Г. Экскаваторы – М.: Машиностроение, 1969. 319 с.
4. Котельников В.С., Шишков Н.А. и др. Справочник по техобслуживанию и диагностированию кранов, Том 2 – М.: ПИО ОБП, 1996. 384 с.
5. Руденко Н.Ф. Грузоподъемные машины. – М. «Машиностроительная литература», 1958. 296 с.
6. Таубер Б.А. Грейферные механизмы. – М.: Машиностроение, 1985. 272 с.
7. Ципурский И.Л. Параметры ковша грейфера // Механизация строительства. 2017. № 12. С. 54-56.
8. Ципурский И.Л. Копание грейфером, навешанным на универсальный экскаватор // Механизация строительства. 2010. № 4. С. 20-23.
9. Ципурский И.Л. Экскаватор с рабочим оборудованием драглайна и грейфера – М.: МГСУ, 2011. 56 с.

КОНСТРУИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОДЕЛИ КОВША ГРЕЙФЕРА

*Каиштанов Е.А., студент 4-го курса 1 группы ИГЭС
Научный руководитель – Ципурский И.Л., проф., к.т.н.*

Часто, при разработке (извлечении и погрузке) сыпучих, пылевидных, кусковых и штучных грунтов применяют краны и экскаваторы с рабочим оборудованием грейфера. Говоря о грейфере, выделяют два основных типа рабочего оборудования, принципиально отличающихся по назначению. К первому типу относят грейферные ковши [3], назначение которых – копанье грунта при создании глубоких выемок (рис. 1б), ко второму – грейферные ковши [2], предназначенные для погрузо-разгрузочных работ крупнокусовых, штучных и сыпучих материалов (рис. 1а).

Основными различиями между данными видами являются больший вес на единицу вместимости и наличие зубьев на режущей кромке ковша для копания.



а)



б)

Рис. 1. Канатные грейферные ковши:

а – для зачерпывания сыпучих грузов; б – для копания грунта.

На строительной площадке при производстве земляных работ из-за неоднородности разрабатываемого грунта (ввиду его различного геологического строения) приходится выбирать ковш с расчётом на разработку грунта с наибольшей плотностью. Этот факт вынуждает либо применять «тяжёлый» ковш с самого начала разработки, либо каждый раз при изменении геологического слоя производить замену ковша. Оба варианта несут определённые технические и инвестиционные убытки. В связи с этим возникла идея разработать конструкцию, изготовить и произвести испытания модели унифицированного грейферного ковша, эксплуатационные характеристики которого избавят от вышеупомянутых проблем. Конструкция ковша должна отвечать требованиям, предъявленным и к грейферам для сыпучих материалов и к грейферам для копания.

На данный момент, по имеющимся в технической литературе эмпирическим зависимостям [6], основам теории подобия [1] и экспериментальным данным, полученными нами [5, 7], создана рабочая модель двух челюстного ковша – «Основа» (рис. 2).



Рис. 2. Рабочая модель грейферного ковша «Основа»

Ход выполнения работы изготовления:

1. Для проведения работы был выбран номинальный объем q равный 13200 см^3 как, наиболее оптимальный для данной модели.
2. Используя значения q , были вычислены все параметры, требуемые для конструирования и дальнейшего исследования ковша [4].
3. Используя необходимые данные п. 2 были выполнены два рабочих чертежа, а именно чертёж всей модели (рис. 3а), а также чертёж бокового листа челюсти (рис. 3б). Чертёж бокового листа выполнен по аналогии с натурными существующими ковшами.
4. Режущая кромка ковша «Основа» заточена под углом 25° и модифицирована так, что может быть оснащена съёмными зубьями.
5. По чертежам были сделаны картонные трафареты в масштабе один к одному для дальнейшей их обводки на металле.
6. Для работы использовался следующий металл: стальной лист толщиной 2 мм, стальная полоса толщиной 4 мм и шириной 40 мм, стальной прямоугольный профиль.

Используя трафарет, все заготовки составных частей ковша были вычерчены и вырезаны в металле. Также был приобретён металлический трос в оплётке и 12 болтов М10 с гайками.

7. Сборка модели ковша.

Для проведения сборочных работ применялись следующие приборы и

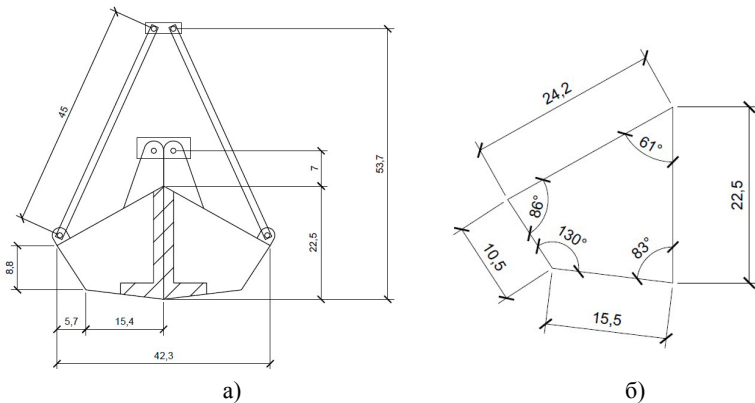


Рис. 3. Рабочие чертежи ковша «Основа»: а – вид общий; б – боковая грань челюсти.

материалы: УШМ – универсальная шлифовальная машинка, абразивные диски для УШМ, отрезная пила по металлу, сверлильный станок, сверла по металлу, слесарные тиски, керн, молоток, зажимы, ручные тиски глубокого захвата, инверторный сварочный аппарат, сварочные электроды, фломастер для нанесения пометок, стол для проведения работ, магнитные угольники, машинное масло для смазки свёрл. При работе использовалась защитная одежда, перчатки и очки.

Созданная модель будет использована в дальнейшем для проведения лабораторных исследований процесса копания грейферным ковшом при зачерпывании (сыпучего) и копании грунта в забое.

Библиографический список

1. Баловнев В.И. Подобие и моделирование в системе проектирования дорожно-строительных машин: учеб. пособие – М.: МАДИ, 2014. 148 с.
2. Грейферы канатные для навалочных грузов. Типовые расчеты на прочность. Методика. РД 31.46.07–87. – М. В/О «Мортехинформ-реклама», 1987. 144 с.
3. Домбровский Н.Г., Гальперин М.И. Строительные машины (в 2-х ч.). Ч. II: Учеб. для студентов вузов, обучающихся по спец. «Строит. и дор. машины и оборуд.» – М.: Высш. шк., 1985. 224 с.
4. Ципурский И.Л. Возможности разработки грунта поворотом ковша // Строительные и дорожные машины. 1988. № 9. С. 9.
5. Ципурский И.Л. Экскаватор с рабочим оборудованием драглайна и грейфера. – М.: МГСУ, 2011. 56 с.
6. Ципурский И.Л. Параметры копания и подбор землеройных машин: Учебное пособие. М.: Издательство АСВ, 2016. 223 с.
7. Ципурский И.Л. Копание грейфером ковшевого типа // Строительные и дорожные машины. 2010, № 9. С. 17-19.

СИНТЕЗ КОНСТРУКЦИИ МАШИНЫ ДЛЯ ПЛАНИРОВКИ ОТКОСОВ

*Бабаев Т.К., аспирант 3-го курса, каф. МС, ИИЭСМ
Научный руководитель – Кошкарев Е.В., доц., к.т.н.*

Для повышения производительности и экологичности машин для земляных работ (МЗР) требуется модернизация существующих и создание новых машин, которые будут отвечать требованиям экологической безопасности и при этом показывать хорошие технико-экономические показатели. Данные задачи являются приоритетными [1].

Машины для земляных работ, которые применяются для планировки откосов (рис. 1).



Рис. 1. Машины для земляных работ, которые могут применяться при планировке откосов:

а – автогрейдер с вынесенным в сторону отвалом; б – бульдозер с боковым дополнительным отвалом; в – экскаватор планировщик; г – самоходный скрепер

Рациональность применения машин (рис. 1) для планировки откосов определяется технологическим процессом. Например, применение автогрейдера и бульдозера (с боковым отвалом) [2, 3, 8] целесообразно при пла-

нировке откосов насыпей, до которых возможен захват отвалом (дорожное строительство, ландшафтный дизайн). Экскаватор планировщик благодаря телескопической стреле может производить планировку откосов большей высоты или длины и с любым уклоном (дорожное строительство, ландшафтный дизайн, гидротехнические сооружения). Скрепер может применяться для планировки откосов с небольшим уклоном (гидротехнические сооружения, разработка полезных ископаемых).

Для синтеза новой машины для земляных работ, которая будет обладать преимуществами вышеуказанных машин, составим классификационную таблицу (табл. 1) и затем выберем её характеристики.

Таблица 1

Классификация машин для планировки откосов

МЗР	Рабочий орган. Загрузка грунта	Ходовое и дополнительное оборудование
Автогрейдер	Грейдерный отвал расположен между передней и средней осью колес. Нет загрузки, перемещение грунта вдоль отвала	Пневмоколесное. Возможно установка бокового отвала на раму
Бульдозер	Отвал, расположен спереди базы. Нет загрузки, перемещение грунта вдоль отвала	Пневмоколесное или гусеничное. Возможно установка бокового отвала на раму
Экскаватор планировщик	Отвал или ковш, установленный на телескопическую стрелу. Перемещение грунта вдоль отвала или загрузка в ковш перпендикулярно оси симметрии машины (рис. 1 б)	Пневмоколесное. Нет дополнительного оборудования
Скрепер	Ковш расположен между передней и задней осью колес. Загрузка грунта в ковш	Пневмоколесное или гусеничное. Нет дополнительного оборудования
Новая машина для планировки откосов	?	?

Уровень техники позволяет создать машину, которая будет обладать хорошими показателями производительности и экологичности. Для достижения данной цели применим технические решения (табл. 2).

С применением технических решений (табл. 2) создадим один из вариантов машины для планировки откосов (рис. 2).

Технические решения для новой машины

МЗР	Новая машина для планировки откосов
Рабочий орган	Отвал с регулируемой заслонкой
Загрузка грунта	Загрузка грунта в ковш или перемещение грунта вдоль отвала
Ходовое оборудование	Пневмоколёсное или гусеничное
Дополнительное оборудование	Интенсификатор для выравнивания загрузки грунта в ковше [4]
Особенности конструкции	Снаружи к вертикальным стенкам ковша крепятся аккумуляторы, нет кабины оператора
Применяемые технологии	Оператор управляет машиной при помощи системы дистанционного управления; электрический привод; источник энергии – аккумулятор; возможность быстрой замены разрядившегося аккумулятора на заряженный [5].

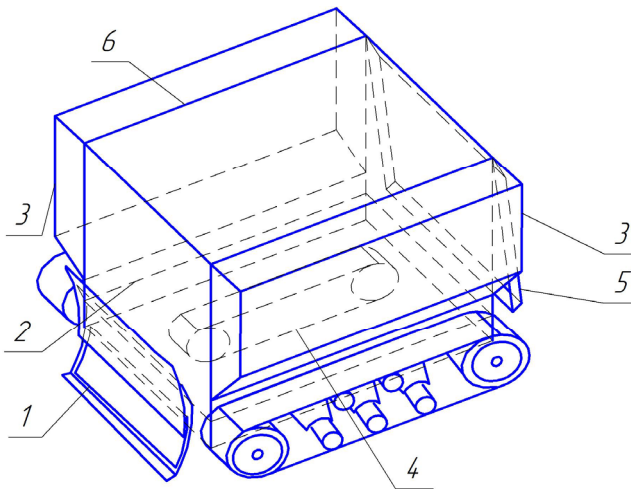


Рис. 2. Принципиальная схема одного из вариантов конструкции новой машины для планировки откосов:

1 – отвал с регулируемой заслонкой; 2 – секция аккумулятора в основании машины; 3 – секция аккумулятора на боковой стенке ковша с наружной стороны; 4 – конвейер для выравнивания загрузки грунта в ковше; 5 – задняя стенка ковша для выгрузки грунта; 6 – стенка ковша

Новая машина для планировки откосов (рис. 2) управляется дистанционно оператором. Отвал с регулируемой заслонкой (рис. 2, поз. 1) обеспечивает два режима работы: с закрытой заслонкой – как бульдозерный отвал с перемещением грунта вдоль отвала в сторону; с открытой заслонкой – как

ковш скрепера. Во втором случае грунт поступает в ковш, для интенсификации данного процесса применяется конвейер (рис. 2, поз. 4). Выгрузка грунта из ковша обеспечивается подъемом задней стенки ковша (рис. 2, поз. 5). Источник энергии – аккумуляторы встроены в основание и в боковые стенки ковша (рис. 2, поз. 3). Электропривод гусениц обеспечивается электромоторами, встроенными в гусеницы. Гидропривод отвала и задней стенки ковша встроены там же где и один из боковых аккумуляторов (рис. 2, поз. 3).



Рис. 3. Электрогрузовик Tesla Semi Track.

Таблица 3

Технико-экономические показатели модели Tesla Semi Track

Стоимость в зависимости от комплектации	150 000 – 200 000 \$
Стоимость доставки грузов на милю (1,61 км) [7]	0,85 \$
Планируемая дата поставки электрогрузовиков	после 2020 года
Ресурс электрической силовой установки	1 600 000 км
Гарантийный ресурс электрической силовой установки	1 000 000 км
грузоподъемность	36 т
Запас хода при полной загрузке и максимальной разрешенной скорости на трассе	804 км
Запас хода при 30 минутной зарядке аккумулятора	644 км
Количество независимых электрических двигателей	4 шт.
Разгон до 96 км/ч без груза	5 сек
Разгон до 96 км/ч с грузом 36 т	20 сек

Таким образом была создана одна из концепций машины в которую заложена высокая производительность за счет снижения лишней массы, увеличения полезного объема, быстроты загрузки грунта и экологичность за счет применения заряжаемых аккумуляторов. Перспективы реализации данной концепции в достижениях техники и планируемых к реализации проектах. Так, например, на презентации электрогрузовиков Tesla, была представлена модель Tesla Semi Track (рис. 3), технико-экономические показатели которой приведены в табл. 3 [6].

Библиографический список

1. Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации от 2016 г., N 49, ст. 6887.
2. Боковое рабочее оборудование автогрейдера: патент полезная модель 96580 Рос. Федерация: МПК7Е 01h 5/06 / В.М. Коршун, В.Ф. Ильюшин, В.В. Журавлев, А.В. Скоблов; заявитель ОАО «Брянский арсенал» Россия – № 2010108063/22; заявл. 04.03.2010; опубл. 10.08.2010; бюл. № 22. – 11 с.: ил.
3. Планировщик откосов каналов: А. с. 614176 СССР: М. Кл. Е 02f 3/62 / Н.К. Захарченко, Б.А. Лисицкий; заявитель Трест «Укроргводстрой» министерства мелиорации и водного хозяйства Украинской ССР. – № 2056256/29-03; заявл. 30.08.74; опубл. 05.07.78; бюл. № 25. – 4 с.: Ил.
4. Ковш скрепера: а.с. 1286685 А1 СССР: М. кл. Е 02F 3/64 / А.М. Щемелев, А.А. Щемелев, Л.А. Сиваченко; заявитель Могилевский машиностроительный институт – №; заявл. 17.10.1984; опубл. 30.01.1987; бюл. № 4 – 3 с.: ил.
5. Tesla запатентовала технологию быстрой замены батареи электрокара // Ru.insider.ru URL: <https://ru.insider.pro/topnews/2017-09-18/tesla-zapatentovala-tehnologiyu-bystroj-zameny-batarei-elektrokara/> (дата обращения: 14.12.2017).
6. Tesla представила свой первый электрогрузовик и спорткар // ЗАО «РОСБИЗНЕСКОНСАЛТИНГ» rbc.ru URL: https://www.rbc.ru/technology_and_media/17/11/2017/5a0e663f9a79476662d36796 (дата обращения: 14.12.2017).
7. Tesla объявила цены на электрогрузовик Semi // Югополис yugopolis.ru URL: <https://www.popmech.ru/vehicles/news-397182-tesla-officialno-predstavila-svoju-pervuyu-gruzovik/> (дата обращения: 14.12.2017).
8. Adjustable sloper blade for bulldozers: US patent 4 079 791: MPC E 02f 3/76 / Curt Thomas Yoder, JamesH. Etem. – № 687241, filed May 17, 1976; published March 21, 1978. – 6 p.: Draw.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМОДЕФОРМАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КИНЕТИКУ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАТЕРИАЛОВ В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ – ПУТЬ К РЕШЕНИЮ МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИХ И КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПСМ.

*Бибко О.П., Фёдоров Н.Ю., студенты 3-го курса 40 группы ИИЭСМ
Научный руководитель – Абрамов В.В., проф., д.т.н.*

Развитие науки, техники и технологии предъявляет новые повышенные требования к машинам и оборудованию по сохранению геометрии деталей и узлов при длительной эксплуатации, прочности и надёжности, а также исходных физико-механических и химических свойств материалов, непрерывности технологического процесса в целом. На современном этапе развития техники и технологии в основе многих конструкторско-технологических решений и технологических процессов получения и обработки материалов (триботехника, все виды механической обработки на основе резания, прессование и спекание, получение неразъёмных соединений, в том числе с применением нанотехнологий и наноматериалов и т.д.) лежат процессы твёрдофазного контактного взаимодействия кристаллических материалов при различных видах термодформационного воздействия. Особое место среди них занимают технологические процессы, основанные на пластической деформации контактных поверхностей и последующим протеканием релаксационных процессов. В этом случае обеспечивается максимальное достижение сочетания комплекса свойств получаемых материалов (изделий), эффективность управления технологическим процессом и регулирования степени прецизионности контакта. В этой связи, одним из актуальных вопросов является установление кинетических закономерностей контактного взаимодействия материалов при деформационном и термодформационном воздействии, формоизменение и развитие действительного и физического контакта за счёт пластической деформации микронеровностей обработки, изменение контактных напряжений и механических свойств на поверхности и в приконтактных объёмах, что в свою очередь требует выяснения природы активации контактных поверхностей и установление кинетических закономерностей схватывания между ними.

Рассмотрение проблемы контактного взаимодействия материалов в указанных аспектах позволяет выйти на разработку новых схем и технологических решений получения материалов, прецизионных разъёмных и неразъёмных соединений, новых схем организации технологических процессов и конструкторских решений.

Исследование контактного взаимодействия имеет самостоятельное значение в связи с проблемой поверхности (получение композиционных и наноматериалов, теории гетерогенного катализа и топохимических реакций), а также как метод научного исследования процессов, протекающих на

границе раздела фаз материалов, триботехнических узлов механического оборудования, строительных машин и др.

Целью настоящей работы является установление кинетических закономерностей формирования контакта за счёт пластической деформации микронеровностей обработки, их формоизменения и изменения механических свойств на поверхности и в приконтактном объеме.

При любых способах термомодеформационного воздействия в твёрдом состоянии на материалы формирование контакта между ними происходит за счёт пластической деформации микровыступов контактных поверхностей. Чем выше степень локализации пластической деформации в зоне контакта, тем выше эффективность термомодеформационного воздействия с позиции сохранения геометрии и размеров изделий, исходных свойств обрабатываемых материалов, тем легче позволяет соединить хрупкие и малопластичные материалы (например, окислы алюминия и других металлов) в конкретных изделиях. Независимо от характера и интенсивности воздействия на контактирующие обрабатываемые материалы природа схватывания одина [1, 2]. Различия заключаются в кинетике протекания отдельных стадий процесса. С позиций общей теории несовершенств кристаллической решетки взаимодействие материалов в твёрдом состоянии относится к классу твёрдофазных топохимических реакций с возникновением и последующим распространением ядра реакции по всей площади контакта и согласно современных представлений протекает в три основные стадии [3, 4, 5]:

1. Образование физического контакта, то есть сближение атомов контактирующих поверхностей на расстояние, при котором возникает слабое химическое взаимодействие, обусловленное силами Ван-дер-Ваальса. Это достигается за счёт пластической деформации микровыступов контактирующих поверхностей; повышение температуры в зоне контакта снижает сопротивляемость пластической деформации и, в зависимости от её уровня, может происходить упрочнение или разупрочнение и изменение механических свойств (твёрдость) и структуры в приконтактном объёме.

2. Активация контактных поверхностей и образование сильных химических связей, то есть схватывание. Решающую роль на этой стадии играют квантовые процессы электронного взаимодействия. При этом явление схватывания («положительное» при сварке и «отрицательное» для триботехнических пар оборудования, обработке металлов резанием) происходит в субмикроскопических участках физического контакта на границе раздела двух фаз без изменения пространственного расположения атомов поверхности на уровне нанокластера; размеры которого соизмеримы с параметрами кристаллической решётки [6, 8].

При контактировании одноимённых или разноимённых материалов, но с близкой сопротивляемостью пластической деформации, образование физического контакта происходит за счёт совместной пластической деформации; активация поверхностей и образование («сшивание») связей происходит одновременно и фактически после первой стадии наступает третья

(стадия объёмного взаимодействия). Кинетика образования активных центров на контактных площадках микровыступов определяется интенсивностью пластического течения поверхностного слоя материалов и удаления комплекса адсорбции, уровня и соотношения напряжений на контактной площадке, температуры (как активирующего фактора).

При контактировании материалов с резко различной сопротивляемостью пластической деформации (например: металл керамика, металлокерамика, неорганический диэлектрик и т.п.) длительность второй стадии определяется запаздыванием образования активных центров на ответной контактной поверхности более твёрдого материала. Это будет проявляться в виде смещения кинетической кривой схватывания относительно кинетической кривой образования физического контакта.

Экспериментальные исследования по установлению влияния уровня термодформационного воздействия (T, P) на кинетику образования физического контакта за счёт пластической деформации микровыступов обработки и их формоизменения выполняли по методике профилографирования и фрактографирования фиксированного участка контактной поверхности в специальном приспособлении (рис. 1) [7; 8].

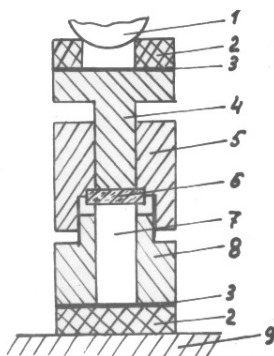


Рис. 1. Схема приспособления для исследования деформации рельефа поверхности: 1 – шар, 2 – керамическое кольцо, 3 – прокладка, 4 – шток, 5 – охватывающая втулка, 6 – сапфир, 7 – образец исследуемого металла, 8 – фиксирующая втулка, 9 – станина

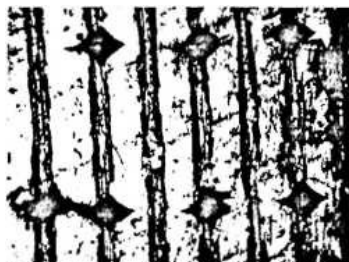


Рис. 2. Фрактография фиксированного участка контактной поверхности.

На контактных поверхностях алмазной пирамидой (прибор ПМТ-3) обкалывался фиксированный участок (рис. 2) на расстоянии R от оси симметрии, фотографировался и с него до и после нагружения снимали профилограммы при вертикальном (ВУ) и горизонтальном (ГУ) увеличении и сопоставляли их.

По схеме (рис. 3) проводили измерения микротвёрдости до и после нагружения и определяли изменение твёрдости на поверхности контактных площадок и по сечению микровыступов, что позволяло определить глубину деформационного объёма; по суммарной ширине контактных площадок определяли общую площадь образующегося физического контакта и рассчитывали действующие (σ_0) напряжения на контактных площадках микровыступов.



Рис. 3. Схема измерения микротвёрдости на контактных площадках поверхности.

Статистическая обработка показателей шероховатости проводилась специальной компьютерной программой, анализирующей показатели поверхности. Исследования выполнялись на металлах: железо, железоникелевый сплав 50% Ni+50% Fe, медь, никель, алюминиевый сплав АД1; в качестве контрматериала применялись полированные корундовые монокристаллические диски $d = 12$ мм, толщиной 6 мм, вырезанные под углом 60° - 70° к оси роста, высота микронеровностей $R_z = 0,03$ мкм.

Нагружение выполняли в специальном приспособлении (рис. 1) в установке с механическим осесимметричным нагружением; Экспериментальные исследования проводились в интервале температур $(0,05 \div 0,9) T_{пл}$ металла и давлении P ($5 \div 80$) МПа; $R_z = 3,2 \div 6,3$ мкм (точение) и $40 \div 100$ мкм (строгание).

Установленные кинетические закономерности смятия и формоизменения микровыступов и образования контакта, профилографирование и фрактографические исследования контактных поверхностей позволили установить, что процесс смятия микровыступов на контактных поверхностях протекает в четыре этапа (рис. 4) [7, 8]:

1. Смятие вершин отдельных микронеровностей. При этом количество микроконтактов растёт быстрее, чем площадь единичных пятен. На образовавшихся контактных площадках развиваются действующие.

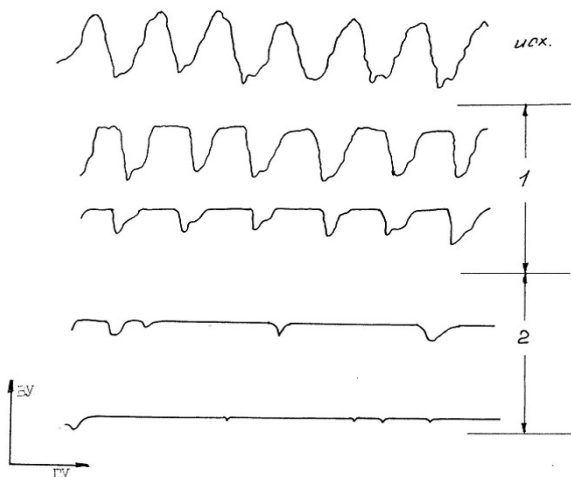


Рис. 4. Схема смятия микровыступов.

Напряжения в десятки раз превышающие номинальные значения, заложенные во все формулы для расчёта длительности образования физического контакта. При $T < 0,55 T_{пл}$ металла наблюдается упрочнение поверхности металла контактных площадок (рис. 5). Данный этап соответствует периоду активной деформации (периоду нагружения).

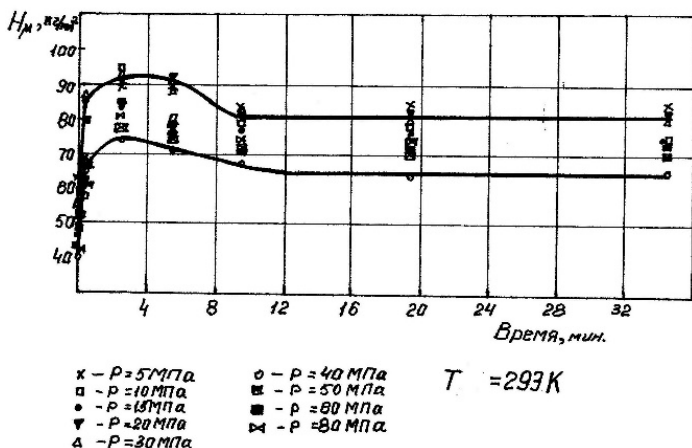


Рис. 5. Влияние давления и температуры на величину и характер изменения твёрдости «Hц» на поверхности контактных площадок микровыступов меди

2. Массовое образование микроучастков пятен плоского контакта и выравнивание плоскости контакта. На этом этапе идёт осадка микровыступу-

пов без заметного искривления боковых образующих и отсутствует течение металла на поверхности контактных площадок. На этом этапе также происходит упрочнение металла контактных площадок. Этап заканчивается неустановившейся ползучестью участков различной протяженности в зависимости от уровня термодформационного воздействия. Полученные кинетические кривые изменения HV на контактных площадках позволяют управлять направленным формированием механических свойств на контактных поверхностях металлов.

3. Слияние дискретных микроучастков (2 – 4) пятен плоского контакта с образованием макроучастков плоскости контакта и распространением этого процесса по всей контактной поверхности (рис. 4).

Вследствие этого всегда будет наблюдаться сдвиг материальной частицы (атом, группа атомов) на поверхности контактных площадок, то есть на границе раздела контактирующих материалов. Такое перемещение материальных частиц приводит к удалению комплекса адсорбций и изменению физико-химической активности металла на поверхности контактных площадок, а также к изменению физико-механических свойств металлов в приконтактном объеме.

4. Дальнейшая осадка микровыступов (в меньшей степени) и продолжающееся пластическое течение металла контактных площадок приводит к образованию полного физического контакта. На 3-м и 4-м этапах смятия изменения механических свойств на поверхности контактных площадок (HV) не происходит. Характер смятия микровыступов и протекающие физико-химические и механические процессы на поверхности контактных площадок оказывают решающее влияние на активацию атомов контактирующих поверхностей и образование («сшивание») прочных связей.

Если требуется получить разъёмное соединение и поверхность с высоким классом чистоты обработки и направленным формированием механических свойств в приконтактном объёме, то процесс контактирования необходимо заканчивать 2-м этапом смятия; если требуется получить неразъёмное прецизионное соединение, то процесс необходимо завершить на 4-м этапе смятия.

Библиографический список

1. Рыкалин Н.Н., Шоршоров М.Х., Красулин Ю.Л. Физические и химические проблемы соединения разнородных материалов. Изд-во АН СССР. Сер. Неорганические материалы. 1965. Т 1, № 1. с. 29-36.

2. Красулин Ю.Л., Шоршоров М.Х. О механизме образования соединения разнородных материалов в твердом состоянии. АН СССР. ФИЗХОМ. 1967. № 1. с. 89-97.

3. Абрамов В.В. Шоршоров М.Х., Алехин В.П. О механизме взаимодействия при сварке давлением с нагревом разнородных материалов // В Сб. Управление сварочными процессами. Тула: ТПИ, 1980. С. 2-3.

4. Абрамов В.В. Шоршоров М.Х., Алехин В.П., Неретин Н.А. О физико-химических явлениях на границе раздела металл-сапфир при сварке давлением с нагревом в вакууме // Сварочное производство. 1981. № 10. С. 2-3.
5. Абрамов В.В. Шоршоров М.Х., Алехин В.П. О влиянии кинетики и характера смятия микровыступов свариваемых поверхностей на развитие топохимической реакции при сварке давлением с нагревом в вакууме разнородных материалов. АН СССР. ФИЗХОМ. 1981. № 3. С. 97-105.
6. Абрамов В.В., Джагури Л.В. О роли термической и механической составляющих в активации контактных поверхностей при термомодеформационном воздействии // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2003. № 5. С. 35-39.
7. Абрамов В.В. Кинетика пластической деформации микровыступов меди и никеля при сварке в твердой фазе // Сварочное производство. 1973. №2. С. 3-4.
8. Абрамов В.В. Кинетика взаимодействия разнородных материалов в твердом состоянии и разработка совмещенного технологического процесса выглаживания и получения неразъемного соединения. Авт. реф-т дисс. д-ра техн. наук. М.: МАТИ им. К.Э. Циолковского, 1990. 40 с.

ВЫБОР СТАЛЕЙ ДЛЯ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ МОЩНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ

*Богатырев Н.М., студент 3-го курса 40 группы ИИЭСМ
Научный руководитель – Густов Ю.И., профессор, д.т.н.*

Специфика работы гидравлических экскаваторов и особенно их мощных модификаций является интенсивное изнашивание шарниров рабочего оборудования это приводит к сокращению ресурса рабочего оборудования и производительности экскаватора и повышенных затрат на ремонт изношенных шарниров. Одной из причин большого износа является необоснованный выбор материалов трущихся элементов.

Целью нашей работы является обоснование и выбор материалов для втулок и пальцев стрелы-рукояти. Для этого рассматривались следующие материалы [1] применительно к втулкам и осям соответственно: ШХ15СГ и 20Х2Н4А.

Сталь марки ШХ15СГ после закалки в масле с температуры 810-840 С° и отпуска при 150 С° с охлаждением на воздухе имеет $\sigma_b=1960\dots2350$ МПа, HRC 61...65, KCU 3-7 Дж/см².

Сталь 20Х2Н4А после цементации при 900-920 С° ,закалки при 790-810 С° в масле и отпуска при 180-200 С° с охлаждением на воздухе имеет $\sigma_{0,2} = 1050$ МПа, $\sigma_b = 1220$ МПа, $\delta_5 = 12\%$, $\psi = 45\%$, твердость сердцевины HB 360 и поверхности HRC 57-64, KCU 118 Дж/см², $\sigma_{-1} = 617$ МПа, $\tau_{-1} = 372$ МПа.

Анализ данных о механических свойствах сталей показывает неполный комплекс стандартных характеристик, особенно марки ШХ15СГ. Для обеих сталей отсутствуют такие показатели, как относительные равномерное удлинение δ_p и сужение ψ_p , истинное временное S_b и истинное сопротивление разрыву S_k , удельные энергии равномерной пластической деформации W_p и полной деформации до разрушения W_n .

Задачей работы является расчетно-экспериментальное определение указанных показателей с целью обоснованного выбора исследуемых сталей для шарниров мощных гидравлических экскаваторов.

Для стали 20Х2Н4А возможен следующий алгоритм расчета [2-7].

Уравнение относительных прочностных и пластических показателей будет:

$$\sigma_{0,2} / \sigma_b + \delta / \psi = C \quad (1)$$

Относительное равномерное удлинение и сужение соответственно равны:

$$\delta_p = \left[\frac{(1 + \delta)}{C \psi} \right]^{0,5} - 1 ; \quad \psi_p = \frac{\delta_p}{(1 + \delta_p)} \quad (2)$$

Истинное временное S_B и истинное сопротивление разрыву S_k составляют:

$$S_B = \frac{\sigma_B}{(1-\psi_p)}; S_k = \sigma_B \cdot \left[\frac{(1+\psi)}{(1-\psi_p)} \right] \quad (3)$$

Удельные энергии равномерной W_p и полной деформации W_n определяем по формулам:

$$W_p = 0,5(\sigma_{0,2} + S_B) \ln \left[\frac{1}{(1-\psi)} \right]; W_n = 0,5(\sigma_{0,2} + S_k) \ln \left[\frac{1}{(1-\psi)} \right] \quad (4)$$

Правильность расчета проверяем сопоставлением расчетных и экспериментальных показателей σ_B .

Расчет этих значений:

$$\sigma_{-1} = k_\delta \cdot S_k, \text{ где } k_\delta = (1-\delta)^{1/\delta}, k_B = k_\delta \cdot HB \quad (5)$$

где $HB = 0,125(HRC^2 + 1000)$.

Для стали ШХ15СГ предлагается следующий порядок расчета.

По (5) определяется показатель удлинения $k_\delta = \sigma_B/HB$ и по нему методом подбора вычисляется относительное удлинение δ .

Относительное поперечное сужение ψ вычисляется методом подбора по зависимости:

$$K_\psi = (1-\psi)^{1/\varphi} = \frac{K_\delta}{(1+k_\delta)} \quad (6)$$

Результат расчета приведён в табл. 1.

Таблица 1

Расчетно-экспериментальные показатели сталей марки 20Х2Н4А и ШХ15СГ

Марка стали	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ	C	δ_p	ψ_p	S_B	S_k	K_ψ	W_p	W_n
	МПа		%			%		МПа			МПа	
20Х2Н4А	1050	1220	12	45	1,12	3,01	2,931	1256	1785	0,338	34,3	847,6
ШХ15СГ	1960	2155	6,5	62,5	1,01	2,77	2,70	2215	3539	0,355/ 0,208	57,1	2698

Пределы текучести и выносливости определяются по формулам:

$$\sigma_{0,2} = \sigma_B / (1 + k_\psi)^{0,5}, \sigma_{-1} = k_\delta k_S \sigma_k \quad (7)$$

Далее составляем уравнение (1) и определяем по (2,3,4) соответствующие показатели.

Выводы по результатам расчета/

1. Критерий относительных прочностных и пластических показателей стали марки ШХ15СГ практически равен 1, что свидетельствует о большей гармоничности показателей механических свойств, чем у стали марки 20Х2Н4А.

2. Показатели равномерных относительных удлинений и сужений обеих сталей можно считать равноценными. Истинное временное сопротивление и истинное сопротивление разрыву больше у стали марки ШХ15СГ.

3. Удельная энергия равномерной пластической деформации и удельная полная энергия разрушения стали марки ШХ15СГ превосходит соответствующие значения стали марки 20Х2Н4А. Следовательно, более надежной в подвижном сопряжении «палец – втулка» представляется сталь марки ШХ15СГ, предназначенная для изготовления втулок, менее надежной – сталь марки 20Х2Н4А для производства пальцев.

Исходя из расчетов выбранных марок сталей (см. табл. 1) и сделанных выводов, выбираем альтернативные стали марок: 40Х2Н2МА; 45ХН2МФА; 60С2ХФА.

Химический состав и показатели механических свойств выбранных сталей приведены ниже [1]. 40Х2Н2МА – С = 0,35-0,42%; Mn = 0,3-0,6%; Si = 0,17-0,37%; Cr = 1,25-1,65%; Ni = 1,35-1,75%; Mo = 0,2-0,3%; P = 0,025%; S = 0,025%, Cn = 0,30%.

После закалки в масле с температуры 840°C и низкого отпуска при t = 200°C, получили следующие показатели: $\sigma_{0,2} = 1520$ МПа, $\sigma_B = 1710$ МПа, $\delta = 10\%$, $\psi = 48\%$, твердость НВ 475 и КСУ 78 Дж/см².

Эта же сталь после закалки и отпуска при t = 300°C имеет: $\sigma_{0,2} = 1400$ МПа, $\sigma_B = 1570$ МПа, $\delta = 10\%$, $\psi = 49\%$, твердость НВ 440 и КСУ 39 Дж/см².

45ХН2МФА – С = 0,42-0,5%; Mn = 0,5-0,8%; Si = 0,17-0,37%; Cr = 0,8-1,1%; Ni = 1,3-1,8%; Mo = 0,2-0,3%; P = 0,025%; S = 0,025%; Cn = 0,30%; V = 0,10-0,18%.

После закалки в масле и низком отпуске при t = 200°C получено: $\sigma_{0,2} = 1870$ МПа, $\sigma_B = 1980$ МПа, $\delta = 8\%$, $\psi = 32\%$, КСУ 47 Дж/см².

Та же сталь, но при закалке в масле и отпуске при t = 500°C имеет: $\sigma_{0,2} = 1250$ МПа, $\sigma_B = 1290$ МПа, $\delta = 14\%$, $\psi = 53\%$, КСУ 81 Дж/см².

60С2ХФА – С = 0,56-0,64%; Mn = 0,4-0,7%; Si = 1,4-1,8%; Cr = 0,9-1,2%; Ni = 0,025%; P = 0,025%; S = 0,025%; Cn = 0,30%; V = 0,10-0,2%.

После закалки в масле с t = 880-890°C и отпуске при 500°C: $\sigma_{0,2} = 1540$ МПа, $\sigma_B = 19640$ МПа, $\delta = 10\%$, $\psi = 35\%$, КСУ 44 Дж/см², НРС 46 ~ НВ = 436.

По формулам (1)–(5) находим показатели относительного равномерного удлинения и сужения, истинное временное S_B и истинное сопротивление разрыву S_k , удельные энергии равномерной W_d и полной деформации W_n .

Результаты сопоставительных расчетов для выбранных марок сталей представлены в таблице 2.

Таблица 2

Расчетные показатели исследованных марок стали

Марка стали	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ	C	δ_p	ψ_p	S_B	S_k	K_ψ	W_p
	МПа		%			%					
20X2H4A	1050	1220	12	45	1,13	3,01	2,93	1256,8	1785,6	34,3	847
40X2H2MA	1520	1710	10	48	1,1	2,57	2,5	1753,9	2595,8	41,55	1345
40X2H2MA	1400	1570	10	49	1,1	2,55	2,5	1610	2399,1	38,1	1279
45XH2MФА	1870	1980	8	32	1,19	1,01	1	2000	2640	19,49	869
45XH2MФА	1250	1290	14	53	1,23	1	0,99	1302,9	1993,5	12,7	1224
60C2XФА	1540	1640	10	35	1,22	1,22	1,2	1660	2241,1	19	814

На основании проведенных исследований можно сформулировать следующие выводы:

1. Сравнивая выбранные марки альтернативных сталей для осей подшипника скольжения по критерию относительных прочностных и пластических показателей выбираю сталь марки 40X2H2MA при обоих видах термической обработки, как ближайšie к 1, тем самым имеющим большую гармоничность показателей механических свойств.

2. Выбираю сталь по равномерности относительных удлинений и сужений относительно стали марки ШХ15СГ, берем сталь марки 40X2H2MA.

3. По удельной энергии равномерной пластической деформации и удельной полной энергии разрушения более надежной выходит сталь марки 40X2H2MA с низким отпускком.

Исходя из сделанных выводов, лучшей парой «палец-втулка» является сталь марки 40X2H2MA, предназначенная для производства пальцев, и сталь марки ШХ15СГ для втулок соответственно.

Библиографический список

1. Сорокин В.Г., Волосникова А.В., Вяткин С.А. и др. Марочник сталей и сплавов. – М.: Машиностроение, 1989. 640 с.
2. Густов Ю.И., Воронина И.В. Взаимосвязь показателей статистической пластичности и прочности термообработанных легированных сталей // Новые материалы и технологии в машиностроение. Выпуск 19. 2014. С. 42-45.
3. Густов Ю.И., Воронина И.В., Аллатуф Х.Л. Исследование критериев надежности сталей для металлоконструкций строительной техники // Механизация строительства. 2013. № 8. С. 27-29.

4. Густов Ю.И., Аллатуф Х.Л. Синергетические критерии сталей стандартных категорий прочности // Механизация строительства. 2013. № 2. С. 24-27.
5. Густов Ю.И. Триботехника строительных машин и оборудования. Монография. – М.: МГСУ, 2011. 192 с.
6. Густов Ю.И., Густов Д.Ю. Воронина И.В. Синергетические критерии металлических материалов // Доклады Российско-словацко-польского семинара «Теоретические основы строительства». 2006. С. 179-184.
7. Богатырев Н.М., Аллатуф Х.Л. Выбор сталей для подшипников скольжения мощных гидравлических экскаваторов // XXI Московская международная межвузовская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. 2017. Москва, МИИТ. С. 31-32.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРИВОДА ЛИФТА

Бычков Н.С., студент 5-го курса 11 группы ИИЭСМ

Научный руководитель – Степанов М.А., доц., к.т.н.

Существует несколько видов привода лифта. Все они используются для передачи полезной энергии на канаты лифта. Тяговое усилие реализуется за счет трения каната и ручьев канатоведущего шкива.

На данный момент существует множество канатных систем, которые применяются в зависимости от ряда условий, таких как: расположение лебедки, скорости кабины и номинальной грузоподъемности.

Чтобы обеспечить высокий КПД системы, сниженное потребление энергии и повысить срок службы канатов, необходимо правильно выбирать канатную систему. Для этого следует уменьшать количество отводных блоков и избегать реверсивных перегибов каната.

Применяются два вида расположения лебедок:

1) Лебедка расположена над шахтой лифта (верхнее расположение).

При этом типе обеспечивается применение наиболее простой канатной системы и относительно небольшая нагрузка на здание.

2) Лебедка расположена в подвальном помещении рядом с полом шахты (нижнее расположение).

В этом случае применяется более сложная канатная система, нагрузка на отводные блоки, расположенные в верхней части шахты, а, следовательно, и на несущие конструкции здания выше.

Лифтовые лебедки, также, классифицируются на:

1) Редукторные лифтовые лебедки.

Которые в свою очередь делятся на:

а) С цилиндрическим редуктором.

б) С червячным редуктором.

в) С планетарный редуктором.

г) С волновым редуктором.

На сегодняшний день широко используются лебедки с червячным редуктором, который имеет ряд преимуществ: компактность (при заданном передаточном отношении и передаваемой мощности); минимальное число движущихся элементов, что уменьшает расходы на обслуживание; бесшумность работы по сравнению с другими типами редукторов; обладает стойкостью к ударной нагрузке; обеспечение безопасности, даже при отказе тормоза. Основным недостатком таких лебедок это низкий КПД.

2) Безредукторные лифтовые лебедки.

Такие лебедки оборудуются низкооборотными, высокомоментными двигателями переменного тока. Скорость вращения этих двигателей изменяется посредством частотного преобразователя.

Из-за своей компактности, бесшумности и плавности хода безредукторные лебедки получили высокое распространение на рынке. При их применении появилась возможность отказаться от машинного помещения и

устанавливать лебедки непосредственно в шахте лифта. Но отказ от машинного помещения возможно реализовать только при сравнительно небольшой грузоподъемности лифта, когда размеры не выходят за рамки свободного пространства в шахте.

Для того чтобы уменьшить привод лифта была изобретена лебедка EcoDisk. Её принцип основан на применении осевого синхронного двигателя переменного тока. Такое решение дает возможность придать лебедке плоскую форму. Данная конструкция имеет большой недостаток – сложное устройство из-за асимметрии формы магнитной цепи.

Лифт с линейным индукционным двигателем.

Данный тип лифтов на данный момент не используется, так как является довольно новой разработкой.

Возможны две схемы лифтов:

- 1) Безканатный лифт с линейным двигателем (рис. 1).

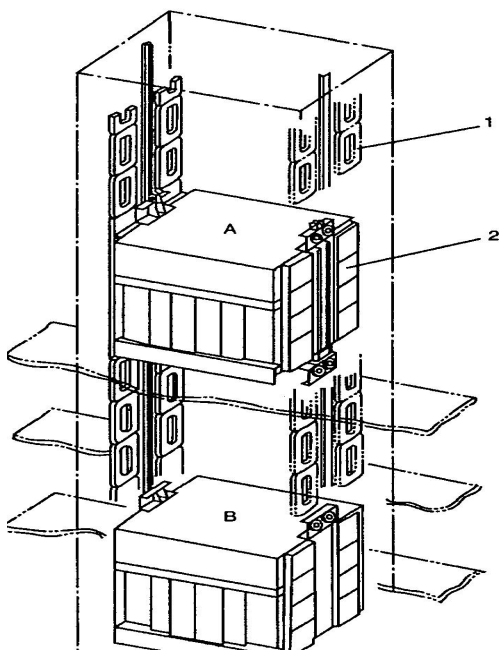


Рис. 1. Безканатный лифт с линейным двигателем:
1 – статор, 2 – ротор.

Применение таких лифтов усложнено тем, что потребуется увеличение мощности привода в связи с отсутствием противовеса, и невозможностью обеспечить безопасность такой конструкции.

- 2) Линейный двигатель выполнен в составе противовеса (рис. 2).

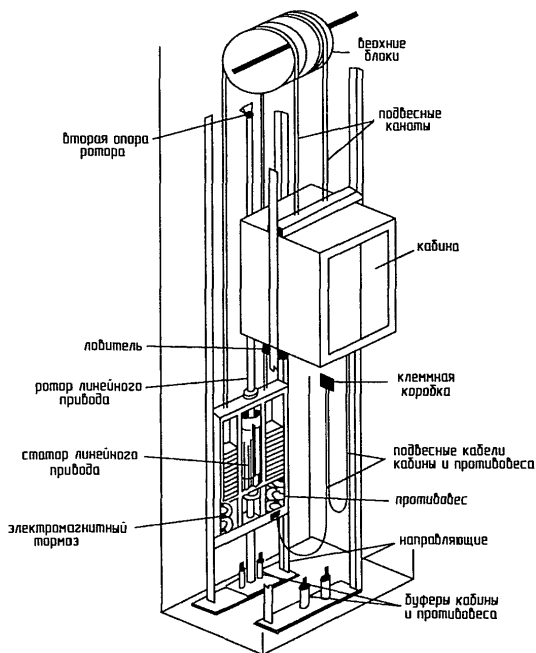


Рис. 2. Схема подвески лифта.

Связь кабины и противовеса осуществляется посредством подвесных канатов, огибающих не приводной шкив, расположенный наверху шахты. Статор такого двигателя представляет собой набор цилиндрических катушек, соединённых согласно схеме, и удерживаемых вместе в трубчатом корпусе железными кольцами. При этом статор является подвижной частью. Питание подается по подвесному кабелю. Ответной частью является неподвижный ротор, который представляет собой стальную трубу, закреплённую снизу в шахте к площадке, на которой расположены буферы и направляющие противовеса.

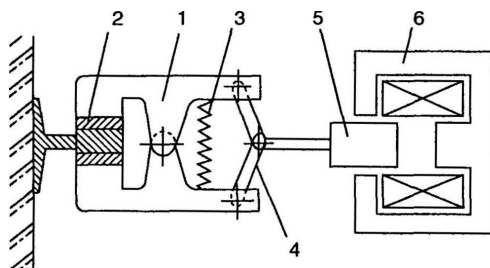


Рис. 3. Схема установки тормоза на противовес:

- 1 – рычаг, 2 – тормозная колодка, 3 – пружина, 4 – тяга рычажной системы, 5 – ярлык магнита, 6 – электромагнит.

Одной из сложностей проектирования такого лифта является разработка уникального тормоза. Вариант решения этой проблемы – установка тормоза на противовес. Такое решение позволяет прикладывать тормозную силу непосредственно к направляющим (рис. 3).

Основными конкурентами данного типа привода являются безредукторные лебедки. Лифт с линейным двигателем обладает такими же преимуществами, кроме невысокой распространённости и наличия металлической колоны в шахте лифта. Но нельзя не отметить, что данный вид не требует машинного помещения вне зависимости от грузоподъемности; из-за отсутствия КВШ гораздо увеличивается срок службы канатов, сильно уменьшается занимаемое место сверху шахты лифта и передаваемая нагрузка на опоры шкивов; статор лифта выполняет роль полезной массы в противовесе, что исключает дополнительные нагрузки и вибрации на здание, а, следовательно, увеличивается бесшумность; обладает простым и легким в ремонте приводом лифта.

Библиографический список

1. Яновски Л. Проектирование механического оборудования лифтов. – М.: Монография. Издательство АСВ, 2005. 336 с.
2. Галиченко А.Н., Гехт А.Х. Строительные подъемники: Учебник для подготовки рабочих на производстве. – М.: Высш. Школа, 1979. 199 с.
3. Бродский М.Г., Вишневецкий Н.М., Грейман Ю.В. Ремонт, модернизация и эксплуатация лифтов. – М.: Издательство литературы по строительству, 1968. 310 с.
4. Федорова З.М., Лукин И.Ф., Нестеров А.П. Подъемники. – Киев: Издательское объединение «Вища школа», 1976. 296 с.
5. Камышев А.Г. Грузовые и пассажирские лифты. – М.: Государственное энергетическое издательство, 1963.
6. Сайт Отис [Электронный ресурс]. – М.: ООО Отис Лифт, – Режим доступа: <http://www.otis.com/>, свободный.
7. Веселовский О.Н. Линейные асинхронные двигатели. – М.: Энергоатомиздат, 1991. 256 с.
8. Соколов М.М. Электропривод с линейными асинхронными двигателями. – М.: Энергия, 1974. 136 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ БЕТОНОУКЛАДОЧНЫХ СТРЕЛ

*Грязнов П.М., студент 5-го курса 11 группы ИИЭСМ
Научный руководитель – Кошкарёв Е.В., доц., к.т.н.*

Стрела, с помощью которой осуществляется распределение и укладка бетонной смеси на самом ответственном – конечном этапе, является важнейшим элементом технологии бетонных работ. Применение такого оборудования, как стрела бетоноукладочная в современных монолитных технологиях неуклонно расширяется.

Стрела бетоноукладочная позволяет снять с персонала, задействованного на приемке и заливке бетона часть нагрузки, связанной с контролем за правильной работой бетоноподающего оборудования и полностью сосредоточить внимание на соблюдении технологии укладки бетона.

По сути дела, стрела является конечным элементом трубопроводного транспорта бетонной смеси, направляющей её в нужное место и в нужное время для разгрузки, поэтому, подобно кранам, она должна иметь минимум два механизма: изменения вылета и вращения. При этом механизмы могут иметь либо ручной, либо гидравлический привод, соответственно, различают стрелы механические (с ручным управлением) и гидравлическим управлением. Данная статья посвящена определению области применения механических стрел.

Стрелы бетоноукладочные механические полноповоротные и переставные применяются для централизованной подачи бетонной смеси при помощи бетоновода, закреплённого на них и связанного стационарным трубопроводом с бетононасосом. Механические стрелы после установки краном на необходимое место готовы к работе без дополнительного подключения источников энергии. Поворот всей стрелы или её головной секции осуществляется только за счет мускульной силы человека. Имея малое сопротивление повороту в центральной цапфе, небольшую массу, достаточную длину и поворотные шарнирные замки, секции стрелы легко поворачиваются одним человеком и точно устанавливаются в необходимое положение. На конец второй секции бетонораспределительной стрелы монтируется гибкий шланг, который позволяет с максимальной точностью укладывать бетонную смесь в опалубку или на перекрытие.

Достоинства механической стрелы:

- модульная конструкция позволяет обеспечить быструю установку и разборку;
- простота перемещения по бетонируемой поверхности;
- небольшая собственная масса и малое удельное давление на опорах;
- практичность использования на больших площадях и малые трудозатраты на манипуляции со стрелой;
- эксплуатационная надежность и долговечность, отсутствие двигателя;
- не требуется специального обученного персонала;

- низкая первоначальная стоимость и малые эксплуатационные затраты только на очистку и мойку.

Промышленность производит следующие типы стационарных механических стрел:

1. с головной секцией, поворачиваемой относительно корневой на угол до 160° в обе стороны по горизонтали; при этом стрела опирается на трёх или четырёх опорную раму через поворотный круг;

2. с головной секцией, поворачиваемой относительно корневой на угол до 160° в обе стороны по горизонтали и поднимаемой по вертикали до 3 - 5,5 м;

3. с головной секцией, поворачиваемой относительно корневой на угол до 160° в обе стороны по горизонтали; при этом стрела опирается на колонну, установленную на четырёх опорную раму.

Существуют также мобильные стрелы, которые могут устанавливаются на рельсовый ход, проложенный прямо по арматурному каркасу позади фронта бетонирования и связанные с рельсами специальными захватами во время работы. По мере продвижения фронта работы они передвигаются, а часть пути разбирается.

Механическая бетонораспределительная **стрела 1-го типа** применяется для заливки небольших площадей перекрытий или в том случае, когда использование более сложного оборудования для подачи бетонной смеси не оправдано по экономическим или технологическим причинам, например, при работе на большой площади или высоте, которая превышает возможности автобетононасоса, причём она может быть установлена даже на опалубке.

Стрела 2-го типа более универсальна, поскольку позволяет вести укладку бетонной смеси не только на горизонтальную поверхность, но и, благодаря её наклону, работать на этажных стенах и перегородках. Подъём головной секции при этом производится гидроцилиндром при использовании ручного насоса.

Стрела 3 типа является самой универсальной, поскольку позволяет получить возможность бетонирования не только стен и колонн здания, но даже, ниже уровня установки в случае удлинённого раздаточного шланга. Технические характеристики стрел всех типов приводятся в табл. 1-3.

На рис. 1 показана зона обслуживания в горизонтальной плоскости для всех типов стрел, которая позволяет определить её площадь для одной установки машины.

В этом случае площадь в м^2 определится из выражения:

$$S = S_1 - S_2, \quad (1)$$

где S_1 – площадь круга, описываемая разгрузочным носком бетоновода (R_1) при прямолинейном положении корневой и головной секций стрелы в м^2 ; S_2 – площадь круга, описываемая разгрузочным носком бетоновода (R_2) при максимальном повороте головной секции относительно корневой позиции секций стрелы в м^2 .

Техническая характеристика стационарных горизонтальных БУС с поворотной головной секцией стрелы в горизонтальной плоскости

Производитель	Модель	Диаметр бетонной трубы, мм	Кол-во секций	Максимальный горизонтальный радиус, м	Площадь бетонирования, м ²	Масса противовеса (без бетона)/ Вес оборудования	Высота основания мм
Putzmeister Concrete Pumps GMBH	RV7	125	2	6,6/-	132	610/-	-
	RV10	125	2	10/-	320	1020/-	-
	RV13	100/125	2	13/-	500	2600/-	-
	RV15	100	2	15/-	700	2700/-	-
Erne Concrete Pumping Ltd	Spider	125	2	12,2/5,8	-	1270/-	-
Boom Makina	BMD10	125	2	10/-	-	975/-	1350
	BMD12	125	2	12/-	-	1126/-	1350
	BMD14	125	2	14/-	-	1300/-	1350
TUNA	BMP8	125	2	8/4,45	201	706/1286	-
	BMP10	125	2	10/5,45	314	808/1498	-
	BMP12	125	2	12/6,45	452	973/1833	-
	BMP14	125	2	14/7,45	616	1127/2147	-
Stankomash	BRK10	125	2	9,8/-	290	1420/-	-
	BRK12	125	2	12/-	450	2700/-	-
	BRK13	125	2	13/-	615	2700/-	-
	BRK14	125	2	14/-	615	3100/-	-
Cifa S.p.a	DLP-12C 55M	125	2	12/-	-	1210/-	-

Таблица 2

Техническая характеристика стационарных горизонтальных БУС с подъёмной головной секцией стрелы в горизонтальной и вертикальной плоскостях

Производитель	Модель	Диаметр бетонной трубы, мм	Количество секций	Радиус подачи, м	Площадь бетонирования, м ²	Вес(без бетона), кг	Высота шланга, мм
Putzmeiste Concrete Pumps GMBH	RV13 Lift	100/ 125	2	13	500	2600	4,4
Stankomash	BRK13G	125	2	13	530	2700	5,0
Cifa Spa	DRV-12C 55M	125	2	12	-	2100	4,0
Boom Makina	BMD12	125	2	11	-	1500	4,6
	BMD14	125	2	14	-	1600	5,7

Таблица 3

Техническая характеристика стационарных горизонтальных БУС с подъёмной головной секцией стрелы в вертикальной плоскости, смонтированный на колонне

Производитель	Модель	Радиус подачи, м	Общая высота, м	Рабочая высота, м	Диаметр бетонной трубы, мм	Общий вес (без мачты), кг	Вес мачты, кг	Угол поворота, град.	Длина шланга, м
Qingdao Jiuhe Heavy Industry Machinery Co., Ltd	HG12	12	5,3	4,3	125	1,2	1,2	360	2,0
	HG15	15	5,3	4,3	125	1,5	1,6	360	2,0
	HG18	18	5,3	4,3	125	1,8	1,8	360	3,0
	HG20	20	5,3	4,3	125	2,1	2,0	360	3,0

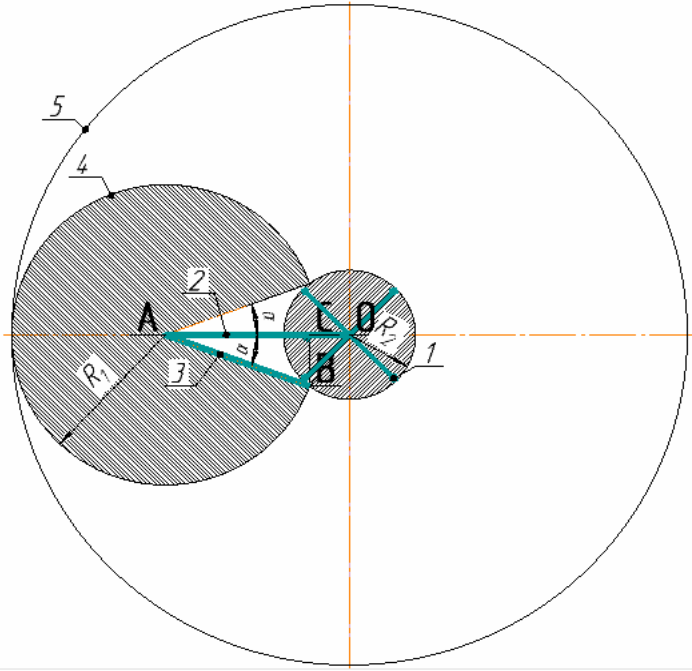


Рис. 1. Схема к расчёту рабочей зоны двухсекционной стрелы:

1 – опорная рама; 2 – корневая секция стрелы; 3 – головная секция стрелы; 4 – граница работы головной секции; 5 – граница работы при соосности секций.

Площадь круга S_1 при соосности секций стрелы:

$$S_1 = \pi \cdot R_1^2 \quad (2)$$

Площадь круга S_2 при повороте в горизонтальной плоскости головной секции

$$S_2 = \pi \cdot R_2^2 \quad (3)$$

Радиусы в m окружностей определяются на основании длин секций стрелы и угла поворота

$$R_1 = l_1 + l_2 \quad (4)$$

Для определения R_2 воспользуемся $\triangle OAB$, в котором $OA = l_1$ и $AB = l_2$.

$\perp AOB = \alpha$. Восстановив из точки B перпендикуляр на сторону OA , получим точку C , соединение которой с точкой B даст два новых треугольника OCB и BCA .

В $\triangle BCA$ имеем:

$$BC = l_2 \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

$$CA = l_2 \cdot \cos \alpha \quad (6)$$

В $\triangle OCB$ имеем:

$$OC = l_1 - l_2 \cdot \cos \alpha. \quad (7)$$

Используя теорему Пифагора, получаем:

$$OB = R_2 = \sqrt{l_1^2 - 2 \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot \cos \alpha + l_2^2} \quad (8)$$

где l_1 – длина корневой секции стрелы, м; l_2 – длина головной секции стрелы, м; α – угол в горизонтальной плоскости между двумя секциями стрелы в градусах.

Учитывая, что головная секция относительно корневой может поворачиваться на угол от 20 до 180° , получаем для прямолинейной стрелы (угол 180°):

$$R_2 = \sqrt{l_1^2 - 2 \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot \cos 180 + l_2^2} = \sqrt{l_1^2 - 2 \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot (-1) + l_2^2} = \sqrt{(l_1 + l_2)^2} = l_1 + l_2 \quad (9)$$

Отношение l_1 и l_2 , в среднем, составляет $0,8 - 0,9$, что позволяет при минимальном угле поворота α исключить попадание бетонной смеси на опорные элементы стрелы, независимо от их конструктивной особенности.

Максимальная ширина фронта бетонирования в м для прямоугольного в плане площадке при неподвижной стреле определяется размером вписанного в круг квадрата (рис. 1).

$$B = R_1 \cdot \sqrt{2} \quad (10)$$

Таким образом, выбор механической стрелы определяется не только её вылетом, но и углом между её секциями, образованным при повороте головной секции относительно корневой. С другой стороны, максимальный вылет играет определяющую роль при нахождении ширины фронта бетонирования.

Библиографический список

1. Уваров М.Ф., Степанов М.А., Кошкарев Е.В. Машина для технологического транспорта строительных материалов. Учебное пособие. М.: МГСУ. EBS ASV, 2013. 216 с.
2. Кошкарев Е.В., Скель В.И., Христофоров В.А. Кинестатическое исследование бетонных распределительных стрел // Механизация конструкции. 2014. №11. С. 18-19.
3. Степанов М.А., Илюхин П.А. Кинематический анализ вариантов конструкций грузоподъемных строительных роботов // Механизация строительства. 2016. №11. С 54-57.
4. Алексеев С.Н. Насосный транспорт бетонной смеси. – М.: 1952. 15 с.
5. Хунбинь Тан. У Рон Исследование динамических характеристик жестко-гибкой связи системы стрелы в бетонно-насосной машине. 2015.

6. Нго Т.Т. Влияние конкретных композиций на параметры прокачиваемости: дисс. канд. техн. наук. Франция, 2009.

7. Сайт Liebherr [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.liebherr.com>

ГРАНЬ МЕЖДУ СТРОИТЕЛЬСТВОМ И ЭСТЕТИКОЙ

*Жердева Ю.А., Каширина А., студентки магистратуры ИИЭСМ
Научный руководитель – Мезенцев Д.С., проф.*

Как часто в последнее время население планеты начало задумываться об экологической ситуации на нашей планете Земля? Футуристические проекты городов будущего все чаще стали появляться в средствах информации как путь решения все ближе наступающей экологической проблемы.

Основной концепцией таких городов становится все большее использование возобновляемых источников энергии (приливы, ветер, солнце, потоки воды). Также большое внимание уделяется озеленению: невообразимых размеров теплицы, всевозможные сорта растений. В общем – все, чего нам так не хватает.

Что же нам делать? Ожидать, пока эти города станут реальностью, или можно уже сейчас начинать развивать идеи этих проектов?

В ходе исследования данного вопроса, мы наткнулись на ряд исследований в области озеленения городов. Наиболее разумным и осуществимым в жизнь стал проект «Зеленая кровля».

Что же такое «зеленая кровля»? Зеленая кровля является одним из способов решения экологической проблемы сильно заселенных городов, где необходимы дополнительные природные ресурсы для очищения кислорода, так как постоянный выхлоп вредных и пылеобразных веществ приводит к различным заболеваниям человека. Учитывая стоимость земли на рынке недвижимости, создаваемая кровля – это отличный способ превращения крыш в полноценные зоны для отдыха, развлечения, общения, ухода за садом. Именно ухудшение экологической ситуации стали началом экосистем и в странах с умеренным климатом. В таких странах около 70-90% строек покрыты зеленой кровлей [1].

Данное конструкторское решение увеличивает экономический эффект от использования зданий за счет приобретения дополнительной эксплуатируемой площади и улучшения эстетического вида, экологической красоты и повышения статуса сооружения при сертификации по зеленым стандартам. Так же эстетический уровень жителей повышается за счет увеличения зоны отдыха, прогулок, садов, зон препровождения с детьми. Создания зеленой кровли несет в себе не только экономический эффект, но и влияет на увеличение уровня жизни человека.

На сегодняшний день озеленение крыш обеспечивает ряд преимуществ в решении различных задач: энергоэффективность и экономия средств в процессе эксплуатации, получаемых в результате сокращения теплопотерь через «пирог» зеленой кровли; улучшение работоспособности людей; рост эстетических построек. Что касается нашей страны, где зеленые стандарты только начинают набирать обороты в строительстве и сертификации сооружений, зеленая кровля становится мировым трендом, по-

вышения эстетического уровня постройки, а также стоимости и признание высокой оценки на международной арене.

Зеленые технологии внедрены в «Активном доме» в виде энергосбережения, автоматизированная система управления, освещение, альтернативная энергия. Так же можно рассмотреть бизнес центр «Японский дом», в нем так же предусмотрено энергосбережение, обустройство ландшафта вокруг здания [2].

К сожалению, в нашей стране зеленые кровли не нашли широкого применения. Экономические условия, но и привычки и устои нашего общества, а также климатические условия России не способствуют развитию данного направления строительства. В странах с холодной зимой содержание данных кровель экономически не эффективно. Так же проблемы с дополнительными нагрузками на несущие конструкции, сложность проектирования, дорогая стоимость возведения зеленой кровли, выполнение монтажных работ. Монтаж зеленой кровли требует специальных знаний, опыта, обслуживания, которое требует дополнительных финансовых затрат.

Но все же глобальным плюсом зеленой кровли остается очищение кислорода от пыли и химических веществ, увлажнение воздуха, улучшение внешнего вида зданий и городов, защита кровельного покрытия, повышение энергоэффективности здания, огнестойкости, а также условий для обитания птиц, насекомых, различных растений и цветов. Озеленение крыши дает возможность для развития ландшафтного дизайна, флористических проектов от частных домов до крупных офисов.

Библиографический список

1. Травуш В.И., Колчунов В.И., Ключева Н.В. Некоторые направления теории живучести конструктивных систем зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2015. №3. С. 4-9.
2. Зеленые кровли в России: проблемы и перспективы. Журнал «Инновационные технологии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://stroy-magazin.ru/pdf/Green_roof.pdf, свободный.
3. Жердева Ю.А., Селезнев А.А. Исследование структуры конструкций кровельного пирога систем «зеленой» кровли // Строительство – формирование среды жизнедеятельности: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных. 2017. С. 454-456.

УДК. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ТИПА ПРИВОДА СПЕЦПОДЪЕМНИКОВ БАШЕННЫХ КРАНОВ

Клочков И.А., студент ИИЭСМ

Научный руководитель – Степанов М.А., проф., к.т.н.

Согласно действующему ГОСТ 13556-91 «Краны башенные строительные. Общие технические условия» краны с высотой расположения кабины выше 55 м от уровня стоянки следует оборудовать специальным подъемным устройством для машиниста (подъемником машиниста). На сегодняшний день существует множество технических решений по безопасной доставке машиниста башенного крана к рабочему месту. Основными из них являются:

1. Применение спецподъемников с канатным приводом
2. Применение спецподъемников с реечным приводом

Спецподъемники с канатным приводом получили широкое распространение в начале 70-х годов прошлого века. Они устанавливались на нижнеповоротных башенных кранах 5-й и 6-й размерной группы серии КБ (КБ-504, КБ-674) и располагались внутри башни. Их конструкция представляла собой закрытую кабину, которая перемещалась по направляющим Т-образного профиля, по которым перемещались ролики четырех башмаков. Машинное помещение спецподъемника располагалось в верхней секции башни под оголовком. Там же располагалась верхняя посадочная площадка с шахтной дверью. Кабина подъемного устройства цельнометаллическая сварная. Кабина была подвешена на 2 тяговых канатах, наматываемых на барабан подъемной лебедки.

Спецподъемники с реечным приводом на башенных кранах появились относительно недавно. Их можно увидеть на кранах Potain (подъемники серии CABLIFT, расположенные внутри башни крана и подъемники серии TCL, монтируемые снаружи). Подъемники CABLIFT специально разработаны для распространения кранов Potain, в которых они применяются вместо классических лестниц. Подъемники серии TCL универсальны и являются стандартным решением. Их можно легко адаптировать для всех кранов с помощью специального комплекта приспособлений. Компанией Liebherr недавно был разработан реечный спецподъемник серии LiUP, с возможностью монтажа как внутри башни, так и снаружи. Особенностью данного подъемника является его автономность (электронная система работает от литий-ионного аккумулятора, установленного внутри кабины). При спуске кабины происходит регенерация энергии. В нижнем положении кабины аккумулятор подключается к зарядному устройству от основной секции крана автоматически.

Какой же тип привода наиболее оптимален? В данной статье мы ответим на этот вопрос. Взяв за основу параметры спецподъемника крана КБ-674 с канатным приводом, мы произведем расчет аналогичного спецподъемника с реечным приводом и определим его статическую мощность.

Параметры спецподъемника башенного крана КБ-674			
Скорость кабины	v	0,44	м/с
Максимальная высота подъема	H_{\max}	120	м
Грузоподъемность	Q	160	кг
Мощность привода спецподъемника	$N_{\text{эд}}$	5	кВт

Так как в документации на башенный кран не удалось найти информацию о характеристиках тяговых канатов и о массе кабины спецподъемника, необходимых для дальнейших расчетов, определим данные параметры самостоятельно.

Зная мощность приводного двигателя и скорость движения кабины, определим разрывное усилие в ветви каната:

$$F_p = \frac{N}{v} = \frac{5}{0,44} = 11,36 \text{ кН.}$$

Так как в конструктивной схеме спецподъемника КБ-674 предусмотрено 2 тяговых каната, распределим полученное усилие между ними:

$$F_1 = F_2 = \frac{F_p}{2} = \frac{11,36}{2} = 5,68 \text{ кН.}$$

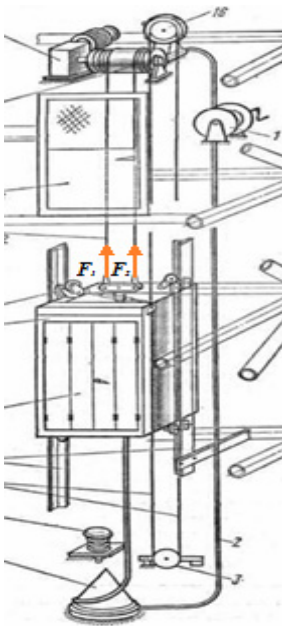


Рис. 1.

По полученному разрывному усилию подбираем канат: **ЛК-Р-10-ГЛ-Н-Р-1570**. Ориентировочная масса смазанного каната (1000 м): 421 кг. Следовательно масса 1 метра смазанного каната: 0,421 кг.

Канатоемкость 2-х барабанов: $H_{\max} \cdot 2 = 120 \cdot 2 = 240$ м. Общая масса канатов на барабанах: $240 \cdot 0,421 = 101,04$ кг.

Рассчитаем массу кабины спецподъемника КБ-674. Так как мы идем от обратного, нам нужно из разрывного усилия ветви каната F_p выразить истинное натяжение в канате S без учета коэффициента запаса прочности $z_p = 4$:

$$S = \frac{F_p}{z_p} = \frac{11,36}{4} = 2,84 \text{ кН.}$$

Зная величину силы натяжения в канате S , найдем ориентировочную массу кабины спецподъемника:

$$m_{\text{кабины}} = \frac{S}{g} = \frac{2,84}{9,8} = 284,8 \approx 300 \text{ кг.}$$

Теперь, получив все необходимые параметры канатного подъемника КБ-674, приступим к расчету аналогичного спецподъемника с реечным приводом.

Примем (рис. 2):

Диаметр шестерни: $D_{ш} = 0,18$ м.

Время разгона кабины: $t = 1$ с.

КПД реечного привода: $\eta = 0,9$.

Остальные параметры для расчета, такие как: скорость кабины, максимальная высота подъема, грузоподъемность примем такими же, как и на канатном спецподъемнике КБ-674.

Рассчитаем частоту вращения приводной шестерни:

$$n = \frac{v}{D_{ш}} = \frac{0,44}{0,18} = 2,44 \text{ об/мин.}$$

Момент на приводной шестерне складывается из двух составляющих:

F_T – силы тяжести, которая складывается из грузоподъемности и массы кабины;

F_{II} – инерционной составляющей разгона до номинальной скорости.

Рассчитаем инерционную составляющую по формуле:

$$F_{II} = \frac{v \cdot F_T}{g \cdot t} = \frac{0,44 \cdot (160 + 300)}{9,8 \cdot 1} = 202,4 \text{ Н.}$$

Зная силу тяжести, действующую на кабину, и инерционную составляющую разгона найдем момент на приводной шестерне:

$$T = F_T \cdot F_{II} = (160 + 300) \cdot 202,4 = 82118 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

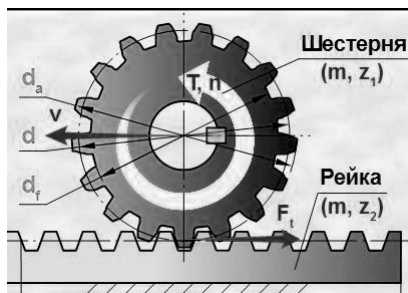


Рис. 2.

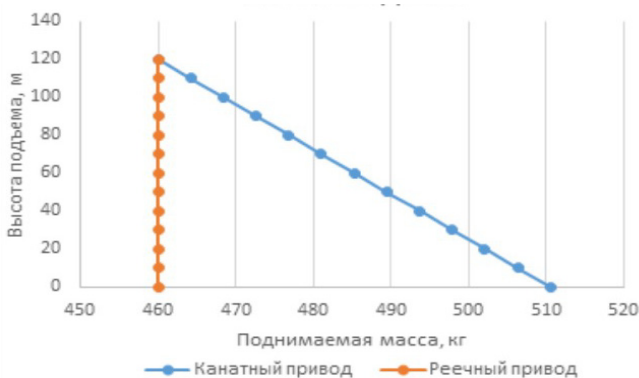


Рис. 3. Зависимость поднимаемой массы от высоты подъема.

Рассчитав частоту вращения и крутящий момент на шестерне, определим статическую мощность реечного привода:

$$N_{CT} = \frac{M \cdot n_{ш}}{9550 \cdot 0,9} = \frac{82118 \cdot 2,44}{9550 \cdot 0,9} = 1401,3 \text{ Вт} \approx 1,4 \text{ кВт}$$

Исходя из проведенных расчетов, можно однозначно сказать, что **требуемая мощность** для **подъема** кабины **канатным приводом** в **3 раза больше** чем **мощность** необходимая для **подъема** кабины **реечным приводом** с теми же параметрами (массы, грузоподъемности, скорости подъема).

Возрастающая нагрузка на привод канатного подъемника влияет на потребную мощность через следующую зависимость:

Есть еще один фактор в пользу реечного привода. Привод канатного подъемника (в отличие от реечного) воспринимает не только массу кабины и груза, но и массу канатов, сбегających с приводных барабанов. Соответственно, при увеличении высоты подъема увеличивается и длина канатов, сбегających с барабанов, и, следовательно, возрастает нагрузка на привод. Данная зависимость отражена в графике:

$$N_n = (m_{кабины} + Q + m_{KI} \cdot h_i) \cdot g \cdot v$$

где: $m_{KI} = 0,421$ кг – погонная масса каната; h_i – высота подъема.

Представим данную зависимость графически:

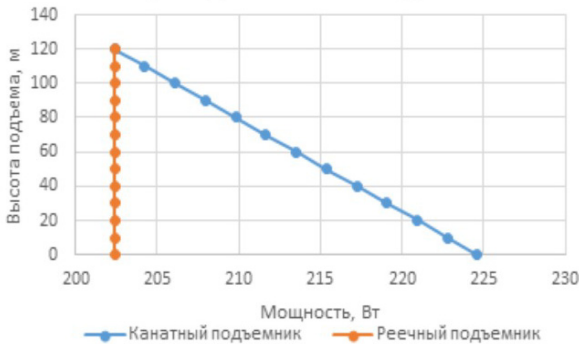


Рис. 4. Зависимость потребной мощности привода от высоты подъема.

Отсюда можно сделать вывод, что наиболее оптимальным типом привода для спецподъемников является реечный привод.

Библиографический список

- ГОСТ 13556-91 «Краны башенные строительные. Общие технические условия».

2. Федоров В.М., Степанов М.А. Монтаж технологического оборудования в строительстве – М., 2012
3. Невзоров Л.А., Полосин М.Д. Краны башенные и автомобильные. – М., 2005.
4. Невзоров Л.А., Пазельский Г.Н., Певзнер Е.М. Башенные строительные краны. – М., 1992.
5. Красавина О.Н., Лихачев А.К., Хомченко Н.Г., Милова М.Е. Башенные строительные краны. – Иваново, 2001.
6. Гоберман Л.А., Степанян К.В. Строительные и дорожные машины. Атлас конструкций: Уч. пособие. – М: Машиностроение, 1985.
7. Белецкий Б.Ф., Булгакова И.Г. Строительные машины и оборудование. Справочное пособие. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2005.

ПЕРСПЕКТИВЫ, АКТУАЛЬНОСТЬ И ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ РАЗРАБОТКИ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ

*Колесник Д.А., аспирант 1-го курса ИИЭСМ
Научный руководитель – Шаранов Р.Р., проф., д.т.н.*

Оборудование для производства битума – незаменимая вещь любой дорожно-строительной организации. Нефтяные битумы находят широкое применение при проведении строительных и ремонтных работ. Кроме того, на их основе получают другие материалы подобного назначения, например, битумные эмульсии.

В качестве исходного сырья для получения нефтяных битумов используется нефть различного химического состава и свойств. А сам процесс происходит на нефтеперерабатывающих заводах. При этом применяются специальные установки для производства битума.

Битумная установка непрерывного действия позволяет получать окисленные нефтяные битумы из гудронов, полугудронов, остатков термического крекинга, мазутов. Полученный продукт может использоваться при выполнении дорожных, строительных и кровельных работ. Сама установка состоит из нескольких секций:

- подготовительная (нагревание исходного сырья до необходимой температуры);
- окислительная (реакторы колонного типа непрерывного действия);
- конденсационная (выделение паров воды, нефтепродуктов, кетонов, кислот, спиртов и др.);
- сжигающая (сжигание газообразных продуктов окисления).

Также используются битумные установки, работающие по принципу вакуумной перегонки и окисления. Для реализации вакуумной перегонки необходим мазут, а при окислении применяются гудроны.

Такие установки позволяют производить окисленные нефтяные битумы. В качестве исходного сырья могут использоваться гудроны и полугудроны, а для тяжелой нефти – мазуты. На выходе получают битумы дорожного, строительного, кровельного и специального назначения. Оборудование состоит из трубчатой печи со змеевиком, насосов, сборника, смесителя, реактора, воздушного ресивера, компрессора, испарителя, сепаратора и топki дожига газов окисления.

В последнее время количество автомобилей становится все больше, интенсивность движения возрастает. Существенно увеличиваются и транспортные нагрузки. Традиционное вяжущее в виде битума уже не может обеспечить необходимые характеристики дорожного полотна. Поэтому на протяжении последних 30 лет постоянно проводились исследования, направленные на повышение экономической эффективности и практичности использования битумов. Было установлено, что для улучшения технологи-

ческих качеств традиционного вяжущего целесообразно использовать модифицированные битумы.

Процесс модификации битумов – это процесс, направленный на улучшение свойств битума за счет совмещения битума со специальными добавками. Введение подходящих добавок и получение модифицированного битума позволяет веществу улучшить свойства, а именно повышенную тепло- или морозоустойчивость, повышенную сопротивляемость нагрузкам, лучшую эластичность, долговечность.

Особое внимание хотелось бы уделить вспененному битуму и его роли в дорожном строительстве.

Вспененный битум легко переходит в относительно устойчивую тонкодисперсную гетерогенную систему, состоящую из вяжущего, воздуха, воды и поверхностно-активных веществ, входящих в состав вяжущего, а в некоторых случаях, дополнительно вводимых в него, существенно облегчается процесс перемешивания смеси. Благодаря этому происходит более равномерное и полное распределение битума по поверхности минеральных материалов.

Асфальтобетонные смеси на вспененных битумах готовят в асфальтосмесителях, которые дополнительно оборудованы системами подачи воды (пара) и устройствами для вспенивания и распыления битума. В систему подачи воды (пара) входят линия подачи воды (пара) с регуляторами расхода и давления и форсунки специальной конструкции, в которых происходит смешение (контакт) битума с водой (паром).

В результате применения вспененных битумов при приготовлении асфальтобетонных смесей достигается значительный экономический эффект за счет сокращения расхода битума (до 10% от массы минерального материала), повышения производительности смесительного оборудования и снижения температуры нагрева смеси.

Таким образом хотелось бы подчеркнуть высокую потребности разработки таких машин для производства битумных вяжущих методом механического вспенивания, в результате которого можно получать так называемые теплые асфальтобетонные смеси, которые для их производства требуют меньшего количества топлива. Это позволит повысить экологичность производства, увеличить время работы компании (за счет более раннего начала и более позднего окончания сезона) и в итоге унизить удельный расход энергетических ресурсов на производство единицы продукции. В промышленно развитых странах активно разрабатываются такие машины и механизмы и технологии, повышающие производительность труда и качество производимых работ при строительстве автомобильных дорог.

Библиографический список

1. Артемьев К.А., Алексеева Т.В. и др. Дорожные машины, машины для устройства дорожных покрытий. Ч.2. – М.: Машиностроение, 1982. 395 с.

2. Гезенцвей Л.Б. Дорожный асфальтобетон / Л.Б. Гезенцвей. – М.: Транспорт, 1985. – 350 с.
3. Технологическое обеспечение качества строительства асфальтобетонных покрытий: методические рекомендации / сост.: В.Н. Шестаков, В.Б. Пермяков, В.М. Ворожейкин, Г.Б. Старков. – Омск: ОАО «Омский дом печати», 2004. – 256 с.
4. Баловнев, В.И. Многоцелевые дорожно-строительные и технологические машины: учеб. пособие / В.И. Баловнев. – Омск: Омский дом печати, 2006. – 320 с.
5. Зорин В.А., Даугелло В.А., Севрюгина Н.С. Дорожные, строительные и коммунальные машины: требования безопасности: Учеб. пособие для вузов по специальности «Сервис транспорт. и технолог. машин и оборудования (строит., дорож. и коммунальные машины)». – М.: МАДИ, 2008. – 200 с.
6. Ахмедов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа. Учебное пособие вузов / С.А. Ахмедов. – СПб: Недра. 2013. 544 с.
7. Ушков А.В., Собченко Е.В., Кустарев Г.В. Комплекс машин для инновационной технологии скоростного строительства асфальтобетонных покрытий // Транспортное дело России. 2014. №1. С. 188-190.

ОЦИФРОВКА ДАННЫХ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ Cu-Ni

*Крутоголова А.С., Кожевникова Д.О., Плехотнюк Т.Е., студенты 4-го
курса 2 группы ИФО
Научный руководитель – Катанина А.Г., доц., к.т.н.*

Промышленные медно-никелевые сплавы находят применение как конструкционные (коррозионностойкие и высокопрочные) и электротехнические материалы.

Свойства сплавов в значительной степени определяются фазовым составом, о котором можно судить по диаграмме состояния системы. Связь между видом диаграммы, механическими и физическими свойствами устанавливаются по правилам Н.С. Курнакова [1].

Так в сплавах системы Cu - Ni удельное электрическое сопротивление ρ , его температурный коэффициент α_ρ и термоэлектродвижущая сила (ТЭДС) в функции состава изменяются по нелинейной зависимости (рис. 1).

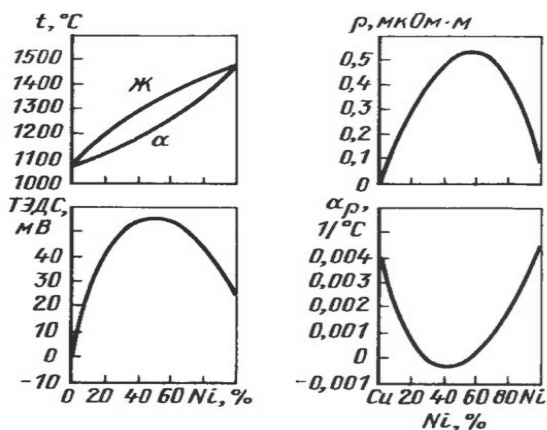


Рис. 1. Диаграмма состояния и физические свойства сплавов Cu – Ni [2].

С помощью встроенных функций программного комплекса Matlab 2015, основываясь на данных рис. 1, были составлены уравнения кривых, описывающие изменение физических свойств системы Cu-Ni в зависимости от процентного соотношения компонентов (рис. 3). Полученные зависимости позволяют определить численные значения электрофизических свойств сплава заданного состава (рис. 4). И, наоборот, выбрать резистивный материал с высоким значением ρ для уменьшения размеров и массы проектируемого устройства. Для обеспечения температурной стабильности электрической цепи состав выбирают по наименьшему α_ρ , а для уменьшения ошибок измерения – с малой ТЭДС.

Ниже представлен код, для построения графиков кривых (рис. 2)

```
x=[0:0.25:100];
r=-0.000189*x.^2+0.0198*x;           % Удельное электрическое сопротивление
teds=-0.02013*x.^2+2.285*x-10;      %ТЭДС
alph=1.72*10^(-6)*x.^2-0.00017*x+0.004; %Температурный коэффициент электрического сопротивления
hold on
plot(x,r,'b')
plot(x,teds,'g')
plot(x,alph,'k')
hold off;
```

Рис. 2. Код программы для построения графиков функций физических свойства.

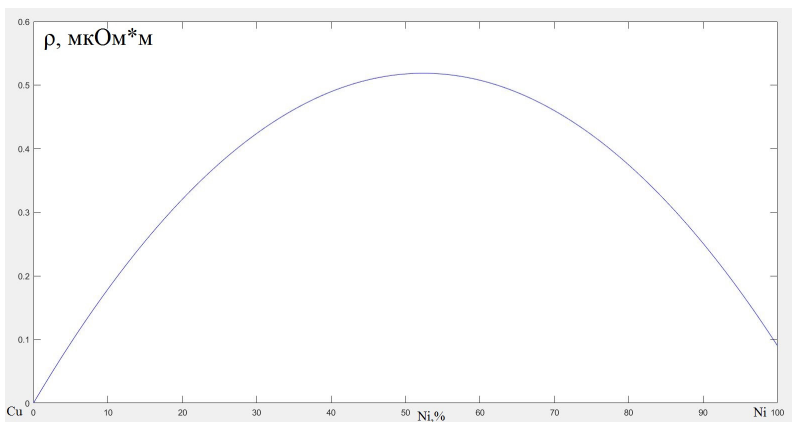


Рис. 3. Расчетная диаграмма «состав - свойство».

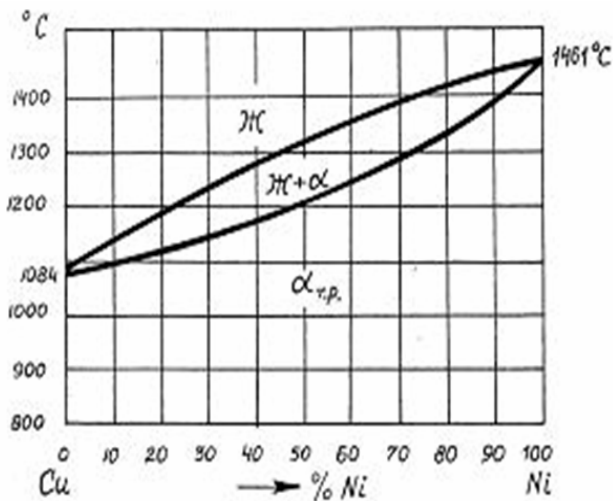
Влияние температуры нагрева на электрическое сопротивление ρ и его температурный коэффициент α_p можно определить по формулам (1) и (2) как для технических металлов, так и их сплавов [2]:

$$\rho_T = \rho_0(1 + \alpha_p T) \quad (1)$$

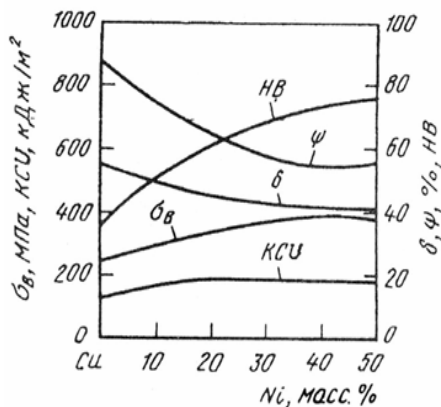
где ρ_T – удельное электрическое сопротивление при температуре T ; ρ_0 – удельное электрическое сопротивление при температуре 0 К.

$$\alpha_p = (\Delta\rho/T)(1/\rho_0) \quad (2)$$

Однако оцифровка правила Курнакова для оценки прочности и технологичности сплавов системы Cu-Ni ограничена неполной базой данных (рис. 4, б) [3].



а)



б)

Рис. 4. Диаграмма состояния (а) и механические свойства (б) ограниченной области сплавов Cu-Ni

По данным [3] с ростом содержания никеля от 0 до 50% в медно-никелевых сплавах понижается пластичность, повышаются прочность и твердость, ударная вязкость показывает постоянный уровень около 200 кДж/м^2 .

Для прогнозирования надежности [4] и технологичности материалов на основе всей системы Cu-Ni с помощью встроенных функций программного комплекса Matlab 2015 составлены уравнения кривых, описывающие изменение механических свойств системы Cu-Ni от процентного соотно-

шения компонентов с шагом 10. Код для построения графиков этих функций представлен на рис. 5.

```

gb=[250 300 350 380 400 390];
KCU=[120 160 190 180 175 170];
delta=[550 500 450 430 410 400];
psi=[870 740 650 570 550 560];
HB=[360 500 600 670 750 780];
m=[0 10 20 30 40 50];
x=[0:0.2:100];

y1=397.5*exp(-((x-42.31)/100.75).^2)-120; %предел прочности
y2=3.444*exp(-0.039949*x).*x+150;          %KCU
y3=0.0537*(x-52.3).^2+427.36;            %относительное удлинение
y4=0.115*x.^2-11.2829*x + 830;          %относительное сужение
y5=-0.179*(x-47.58).^2+780;             %твердость по Бринеллю

plot(x,y1,'k')
axis([0 100 0 1000]);
hold on
plot(x,y2,'r')
plot(x,y3,'m')
plot(x,y4,'g')
plot(x,y5,'b')

```

Рис. 5. Код программы для построения зависимости «состав - свойства»

Таким образом, в ходе выполненных работ были смоделированы зависимости «состав - механические свойства» для всей области твердых растворов системы.

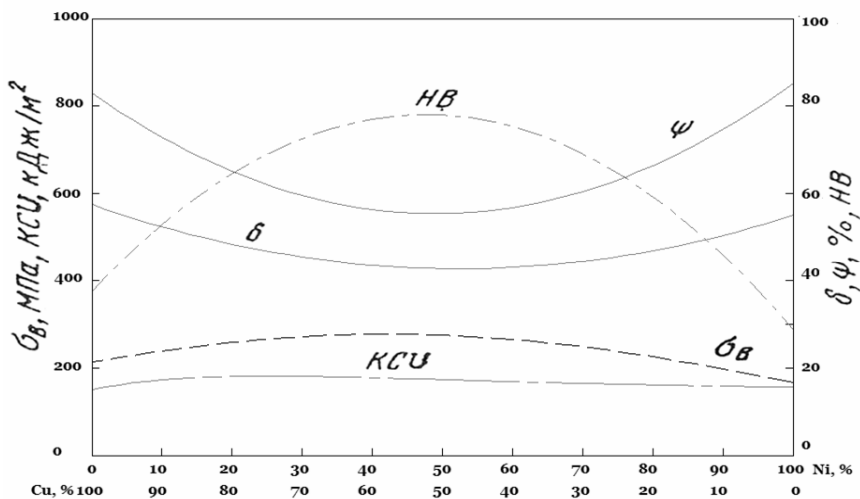


Рис. 6. Спрогнозированная диаграмма «состав - механические свойства» системы Cu-Ni

По диаграмме «состав - механические свойства» (рис. 6) можно установить, что дальнейшее увеличение содержания никеля в сплавах от 50 до 100% повышает пластичность, понижает прочность и твердость при сохранении ударной вязкости. Выбор материала, сочетающего высокую механическую прочность с пластичностью, обеспечивает его повышенную технологичность, и позволяет получать тончайшую фольгу, гибкую проволоку, ленту.

Библиографический список

1. Арзамасов Б.Н., Сидорин И.И., Косолапов Г.Ф. и др. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. Изд. 2-е., испр. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 384 с.
2. Мальцева Л.А., Гервасьев М.А., Кутьин А.Б. Материаловедение: учебное пособие, Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2007. 339 с.
3. Смирягин А. П. Промышленные цветные металлы и сплавы. Изд 2-е, перераб. и доп. – М.: Государственное научно техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1956. 560 с.
4. Густов Ю.И., Воронина И.В., Катанина А.Г. Оценка надежности металлических изделий по деформационно-энергетическим показателям. // Новые материалы и технологии в машиностроении. Сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции, выпуск 12. Брянск, БГИТА, 2010. С. 28-31.

АКТУАЛЬНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТОВ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Курганский А.Е., аспирант 1-го курса ИИЭСМ
Научный руководитель — Шаранов Р.Р., проф., д.т.н.*

Прежде чем использовать такие термины как робот и робототехническая система, необходимо дать их определение, понять на какие классы они делятся, из каких компонентов состоят, какие имеют способы управления и перемещения, а также самое важное – это области их применения и предельные значения их развития в этих областях, в частности в строительной сфере.

Робототехника – это прикладная наука, занимающаяся разработкой автоматизированных технических систем и являющаяся важнейшей технической основой интенсификации производства.

Основные направления развития робототехники – промышленная, бытовая, медицинская, военная, авиационная, космическая, подводная и строительная. В свою очередь создаваемые варианты роботов подразделяются на два типа: манипуляционные роботы, которые представляют из себя автоматические машины (стационарные или передвижные), состоящие из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности и устройства программного управления, которое служит для выполнения в производственном процессе управляющих функций, и мобильные роботы, являющиеся автоматическими машинами, в которых имеются движущиеся шасси с автоматическими управляемыми приводами. Первые, в отличие от вторых, производятся в напольном, подвесном и порталном исполнении.

Бытовая робототехника отличается тем, что является одним из самых слабо развитых направлений робототехники, ввиду нескольких особо важных причин. Во-первых, с большинством бытовых задач, которые человеку хотелось бы переложить на робототехническую систему, сам человек справляется намного быстрее, легче, надёжнее, да и в целом эффективнее. Бытовая робототехника требует постоянного обслуживания и внимания, также в 90% случаев не обладает продвинутыми элементами искусственного интеллекта, а является всего лишь программируемой, что делает её скорее обузой. В данный момент времени и развития бытовой робототехники можно сказать, что это направление развития является очень перспективным, но не первоочередным.

Направление развития медицинской робототехники самое востребованное на данный момент, так как нагрузка на сферу здравоохранения в мире растёт каждый день. И медицинские роботы позволяют справляться с множеством тяжёлых задач: осторожная переноска больных, сложные микрооперации и многое другое, тем самым упрощая процессы, ускоряя их и справляясь с большими объёмами работы. Но, как и для развития некото-

рых других сфер робототехники, развитие её в медицинской отрасли требует непосредственно помощи и консультации и совместной работы как инженеров, так и мед персонала, который в последствии должен быть в состоянии использовать эти машины. Медицинская робототехника будет развиваться и будет быстро, человек в этом крайне востребован.

Военная и авиационная робототехника объединены в один раздел, потому что почти все беспилотные летательная аппараты имеют отношение к военным задачам и задачам разведки. Развитие военной робототехники преследует огромное количество задач. Начиная с того, что при ведении любых боевых действий или нахождении в местах опасных для жизни и здоровья человека заменить его на машину, оснащённую камерами и датчиками, в результате будет выполнена задача сохранения безопасности для личного состава. Развитие сухопутной военной техники и беспилотных летательных аппаратов происходит неравномерно из-за разницы сред, в которых перемещаются роботы. Так же такую технику категорически из-за опасности для жизни и здоровья людей нельзя создавать полностью автоматизированной, всегда должен быть специально обученный оператор. За счёт того, что каждый год множество военных государств вкладывает огромные суммы денег в развитие этого направления оно развивается динамичнее любого другого. И многие технологии, которые могли бы быть полезны в других сферах, приходят поздно, так как зачастую такие военные разработки являются засекреченными.

Космическая робототехника также развивается очень прогрессивно. Космическое пространство – это одна из самых агрессивных сред для обитания человека и использование робототехники там способствует максимальной пользе для жизни и времени космонавта. В космосе используются в основном манипуляторы, которыми космонавт может исправлять неполадки на станции или корабле, находясь при этом в безопасности. Развитие космической робототехники это такое же знаковое направления, как и само по себе освоение космоса.

Переходя к строительной робототехнике и разбирая её более подробно, но, отталкиваясь от данных, полученных из остальных сфер, уже легче будет сделать акцент на всех сложностях, тонкостях, недостатках и достоинствах. Начать стоит с того, что применение робототехники в строительстве имеет очень широкий диапазон: откопка, погрузка, разборка и сборка железобетонных и кирпичных конструкций, демонтаж металла, снятие и нанесение разных слоев на поверхности, бурение отверстий, перенос инструментария, подрубка свай, забивание шпунтов и огромное количество других задач. Это далеко не полный список тех задач, с которыми современная строительная робототехника уже в состоянии справляться, имея ряд достоинств, отличающих их труд от человеческого такими факторами как: дистанционное управление, использование мощного навесного оборудования, сведение травматизма рабочих к минимальному, выигрыш в скорости и стоимости строительных работ, сокращение количества рабочих до нескольких квалифицированных операторов, малые габариты техники и лег-

кая транспортировка, отсутствие шума при выполнении ночных работ. Все эти факторы являются весомым положительными сторонами использования и поводами для развития строительной робототехники, но и здесь всё не так просто. Робототехника в строительстве является одной из самых медленно развивающихся сфер робототехники, так как требует огромных финансовых вложений, которые зачастую могут идти только от частных лиц. Робототехника в строительстве решает уже множество разных задач, но для решения новых требуются высокотехнологичные решения и нестандартные подходы, а порой достичь этого не так легко, как кажется. Стоимость и время выполнения некоторых работ не позволяет использовать их эффективно наряду с быстродействующими материалами.

Основное заключение по актуальности использования и перспективам развития робототехники в строительстве должно заключаться в том, что это ещё достаточно молодая отрасль во всём мире и есть чему развиваться, например, в отличие от авиационной или подводной робототехники. Чтобы быстрее получить толчки в развитии обязательно, нужно перенимать успехи, полученные в других областях развития роботов, и вполне возможно они могут стать ключом к некоторым нестандартным решениям.

Библиографический список

1. Бишоп О. Настольная книга разработчика роботов. – КОРОНА-ВЕК, 2010. 400 с.
2. Боголюбов А.Н. Популярно о робототехнике. – Киев, Наукова думка, 1989. 200 с.
3. Накано Э. Введение в робототехнику. – М., Мир, 1988. 334 с.
4. Степанов М.А., Илюхин П.А. Применение искусственного интеллекта в строительной робототехнике // Механизация строительства. 2016. Т. 77. № 5. С. 5-11.
5. Шилейко А.В., Шилейко Т.И., Кибернетика без математики. – М., Энергия, 1973. 144 с.
6. Юревич Е.И. Основы робототехники. – Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2005. 416 с.
7. Сайт Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://ru.wikipedia.org/>, свободный.

ФУТЕРОВКА ПРИВОДНЫХ БАРАБАНОВ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

*Лукашов Е.А., студент 5-го курса 11 группы ИИЭСМ
Научный руководитель – Кошкарёв Е.В., доц., к.т.н.*

Автобетоносмеситель с ленточным конвейером предназначен для доставки и укладки бетонной смеси. Транспортёрная лента является съёмным элементом и необходима непосредственно для перемещения материала из миксера в конкретную точку на строительной площадке.

Лента представляет собой сборную конструкцию из нескольких секций. Длина транспортёрной ленты позволяет подавать смесь на расстояние от 12 до 17 метров (максимально) от машины. Она подходит для выгрузки смеси на высоту до 6-ти метров, возможно до 9 метров под углом 30 градусов и в зависимости от подвижности смеси.

Регулировка движения ленты осуществляется с помощью гидравлического привода. Такой механизм позволяет подавать смесь очень оперативно, равномерно и в надлежащем качестве, ведь во время движения смеси по ленте остальная масса продолжает перемешиваться в миксере. При этом можно подавать смесь на транспортёрную ленту и с других машин. Это является важным преимуществом перед переносом смеси специальными емкостями.

Автобетоносмеситель с транспортёрной лентой требует минимальную площадь для развертывания – около 3-х метров и минимальное время для подготовки к работе – всего 5–10 минут.

В данный момент производство подобных машин ведётся только зарубежными компаниями, например, *Liebherr, Putzmeister, Schwing-stetter*.

Одной из важнейших частей любого конвейера является приводной барабан. Проскальзывание конвейерной ленты на барабане – это одна из головных болей специалистов, обслуживающих ленточные конвейеры. Футеровка конвейерных барабанов повышает коэффициент трения между лентой и поверхностью барабана и позволяет решить эту проблему. При этом, за счет более высокого сцепления ленты с приводным барабаном существенно снижается степень натяжения конвейерной ленты, поэтому футеровка конвейерных барабанов в свою очередь:

- 1) позволяет использовать менее прочные и, соответственно, менее дорогие конвейерные ленты;
- 2) увеличивает срок службы составляющих конвейерной установки, таких как сама лента, стыковые соединения, барабаны, ролики и т.д.;
- 3) снижает общую стоимость простоев и технического обслуживания;
- 4) снижает энергозатраты на эксплуатацию конвейера.

Футеровка конвейерных барабанов специальными резинами с повышенной износостойкостью – самый распространённый способ решения проблемы проскальзывания конвейерной ленты. Покрытие барабанов альтернативными материалами, такими как старая конвейерная лента, покры-

тие поверхности барабана специальными составами с противоскользящими свойствами и т.п., на первый взгляд может иметь преимущество в стоимости и технологии выполнения работ. Однако, футеровка конвейерных барабанов наклеиваемой резиной остается предпочтительной, т.к. дешевые заменители имеют такие минусы (как минимум, повышенный износ ленты), что в конечном итоге снижает их экономическую эффективность.

Процесс футеровки приводного барабана ленточного конвейера заключается в:

- тщательной подготовке поверхности барабан – струйная «шеровка» или обработка поверхности угловой шлифовальной машиной на глубину не менее 30 мкм;
- очистке подготавливаемой поверхности от жировых и других загрязнений с применением специальных чистящих средства;
- нанесении праймера – специальной грунтовки, время выдержки которой подбирается с учетом температурных условий;
- нанесении клея, который предназначен для проклейки металла и резины;
- поклейке футеровочного покрытия на обечайку барабана;
- заделке стыковых зазоров футеровки – образовавшиеся зазоры могут заполняться резиной: послойное заполнение или при помощи экструдера;
- обработке заполненных стыковочных зазоров с последующей обрезкой излишков футеровочной пластины.

Одним из новейших, но на данный момент не самым распространенным способом футеровки барабанов ленточных конвейеров, является керамическая (резино-керамическая) футеровка.

Резино-керамическая футеровка барабанов представляет собой множество керамических пластин, завулканизированных в резину высокой прочности и износостойкости, с соединительным слоем. Форма и длина облицовки определяется размерами керамических пластин, которые хорошо отводят воду, предотвращают накопление всевозможных загрязнений между барабаном и лентой, увеличивают коэффициент трения, предотвращая тем самым проскальзывание и смещение транспортной ленты. Варьируя высоту керамической футеровки, удается частично компенсировать различие диаметров барабанов

Сварное керамическое покрытие барабанов предназначено для установки на приводные, реверсивные и натяжные конвейерные барабаны диаметром от 350 мм.

Данное покрытие обладает всеми характеристиками, присущими резино-керамической футеровке: наилучшее сцепление конвейерной ленты с поверхностью барабана в самых тяжелых условиях эксплуатации при высокой влажности и загрязненности. Преимущество – установка не требует дополнительных материалов для холодной вулканизации и специальной подготовки персонала и при необходимости может производиться без снятия барабана с конвейера.

Сварное керамическое покрытие барабанов представляет собой трехслойную конструкцию – металлическое основание с вулканизированной к нему резиной, как несущей основы для керамических плиток, обеспечивающих передачу силы с барабана на конвейерную ленту.

Преимущества керамической футеровки:

- практически полностью исключается проскальзывание конвейера;
- обеспечивается максимально возможный срок службы;
- увеличение производительности;
- уменьшаются операционные расходы;
- нет необходимости увеличивать нагрузку для поддержания сцепления во влажных условиях;
- уменьшение натяжения полотна ленты увеличивает срок службы;
- зубчатые керамические плитки создают идеальную поверхность для лучшего сцепления;
- зубцы на керамической плитке имеют закругленные окончания для предотвращения повреждения ленточного полотна;
- улучшается отвод воды и грязи с поверхности барабана;
- улучшается ходимость конвейера;
- может обмываться водой из шланга без потери сцепления;

Таблица 1

Эксплуатационные преимущества керамической футеровки

Срок службы при футеровке приводных барабанов		
Стальная футеровка	Футеровка резиной	Резино-керамическая футеровка
От 1 года до 5 лет (в зависимости от условий эксплуатации)	От 3 до 7 лет (в зависимости от условий эксплуатации)	До 20 лет

Таким образом, футеровка приводных барабанов конвейеров является экономически целесообразным способом при работе конвейеров в нормальных условиях. Если же говорить о работе в особо тяжелых условиях, при транспортировке твердых, абразивных материалов (руды черных и цветных металлов), то данный способ футеровки всегда остается приоритетным.

Библиографический список

1. Тарнопольский А.В., Курносов Н.Е., Корнилаева Л.П., Измайлов Ю.К. Проектирование ленточного конвейера: методические указания для студентов специальности 190205 «Подъемно – транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование». – Пенза: ПензГУ, 2009. 60 с.
2. Ромакин Н.Е. Конструкция и расчет конвейеров: справочник. – Старый Оскол: ТНТ, 2012. 504 с.

3. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий / В.И. Галкин [и др.]. – 2-е изд. – М.: Горная книга, 2011. 545 с.
4. Сайт компании «РесурсБелт» [Электронный ресурс]. — ООО «РесурсБелт». – Режим доступа: <http://www.resursbelt.ru/catalog/effektivnost/futеровka/>, свободный.
5. Сайт компании «FLIESSBAND GmbH» [Электронный ресурс]. — «FLIESSBAND GmbH». – Режим доступа: <https://fliess-band.com/catalog/futеровochnaya-rezina/futеровka-barabanov>, свободный.
6. Технологическая инструкция по футерованию барабанов от компании «КонвейерСнаб-СПб» [Электронный ресурс]. — ООО «КонвейерСнаб-СПб». – Режим доступа: http://www.konveersnab-spb.ru/images/stories/products/instr_po_futеровke.pdf, свободный.
7. Брошюра с продукцией компании «Liebherr» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.liebherr.com/shared/media/construction-machinery/concrete-technology/documents/conveyor-belts/liebherr-truck-mixer-conveyor-en.pdf>, свободный.

СРАВНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА МИКРОСТРУКТУРЫ СТАЛЕЙ

*Мингазова С.Р., студентка 4-го курса 2 группы ИФО; Каргальцев Н.В., студент 3-го курса 2 группы ИФО
Научный руководитель – Катанина А.Г., доц., к.т.н.*

В практике металлографического анализа все большее место занимает компьютерный анализ изображений микроструктуры материалов (рис. 1) с целью идентификации структуры, а также измерения параметров как изображения в целом, так и отдельных объектов на изображении. [1]

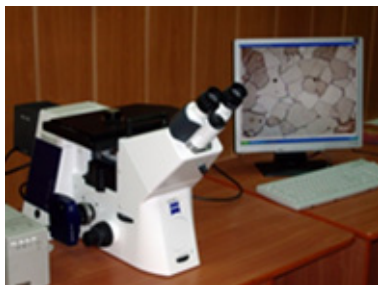


Рис. 1. Рабочее место для количественного анализа микроструктуры сплавов

На рынке компьютерных программ наиболее широко представлены программные комплексы для количественного анализа микроструктуры сталей, самыми популярными среди которых являются NEXSYS ImageExpert™ Pro3 и Thixomet Pro. [2]

Программа NEXSYS ImageExpert Pro 3 решает задачи количественного анализа изображений микроструктур стали, используя современные технологии обработки изображений на базе мощных математических методов, которые проверены на промышленных предприятиях и в научных центрах [3].

Название анализатора изображения Thixomet Pro происходит от греческих «thisis» (касание) и «metrisi» (измерение), то есть «Измерение в одно касание». Анализатор позволяет получать: процентные доли составляющих структуры, площади, периметры, минимальные, максимальные и средние диаметры зерна, параметры формы и вытянутости объектов, характеристики распределения объектов (диаграммы и гистограммы), характеристики анизотропии структур. Формирует изображение склеиванием «на лету» смежных полей зрения: пока предметный столик микроскопа перемещается на очередное смежное поле зрения, предыдущее поле «пиксель в пиксель» стыкуется к полю, захваченному накануне [4].

При *оценке размера зерна* происходит автоматическое распознавание границ зерен, оценивает средний размер зерна по найденному числу зерен и их площади, устанавливает № зерна по ГОСТ5639 (рис. 2а, б) [5, 6, 7].

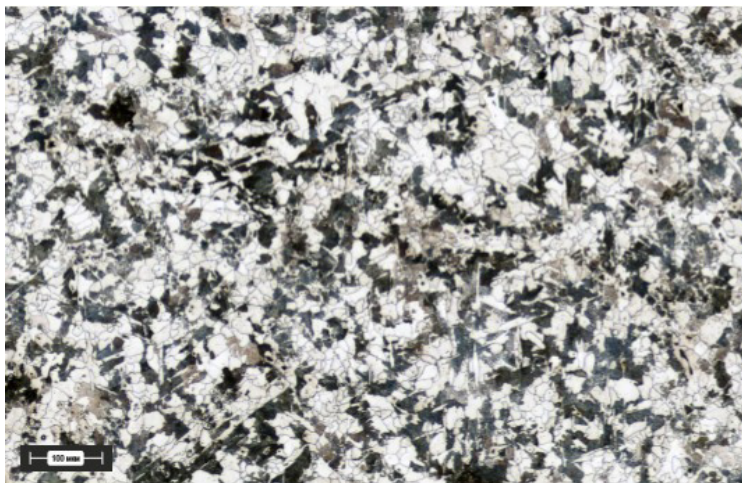
Модуль «Оценка микроструктуры перлита» разработан для определения размера перлитных колоний и соотношения перлит-феррит в структуре стали.

В модуле *«Методы сравнения с эталонами»* оценка микроструктур производится сравнением с эталонами, полупрозрачные изображения которых накладываются на изучаемое изображение микроструктуры. Имеется

базовый набор стандартных шкал, который может быть неограниченно расширен пользователем.

Общая площадь анализа, кв.мм	2,85
Номер зерна средний	10
Номер наибольшего зерна	2
Средний размер зерна, мкм	9

а)



б)

Рис. 2. Анализ величины зерна (а), панорамное изображение структуры стали (б)

Несмотря на то, что данный программный комплекс для количественного анализа микроструктуры сталей имеет ряд положительных свойств, его демонстрационная версия рассчитана всего лишь для ознакомления с интерфейсом и не более. Проводить количественный анализ микроструктуры сталей в данном программном комплексе Thixomet Pro возможно только при условии покупки программы [4].

Программный комплекс NEXSYS ImageExpert Pro 3, являясь универсальным инструментом, использует не только настройки российских и международных стандартов, включённые в поставку, но и позволяет пользователям самостоятельно настраивать анализатор на работу в соответствии с требованиями нужной нормативной документации. Для ввода графической информации, выбора поля зрения и сохранения кадров кадры в виде файлов изображений предусмотрен *Мастер съёмки* (рис. 3), поддерживающий широкий спектр видеокамер.



Рис. 3. Мастер съемки.

В процессе изучения причин разрушения для качественного и резкого изображения объёмного объекта под большим увеличением (например, трещины) ImageExpert Pro использует механизм послышной микроскопии. При съёмке под микроскопом недостаточную глубину фокуса компенсируют съёмкой нескольких кадров при разных уровнях резкости. Полученная серия кадров автоматически обрабатывается анализатором с получением полностью резкого изображения.

Практика количественного анализа микроструктуры стали, выполненного нами при помощи программного комплекса NEXSYS ImageExpert Pro, показана на рис. 4-8.

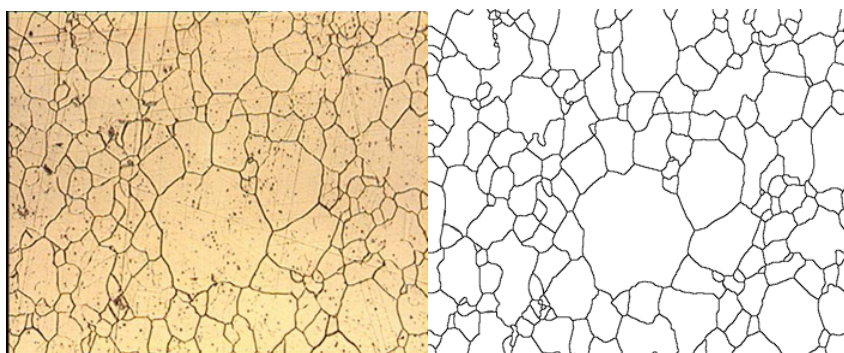


Рис. 4. Пример очистки изображения и восстановления сетки зерна структуры стали.

Пример применения нами программы для количественного анализа микроструктуры Армко-железа по изображению в учебном Атласе структур.

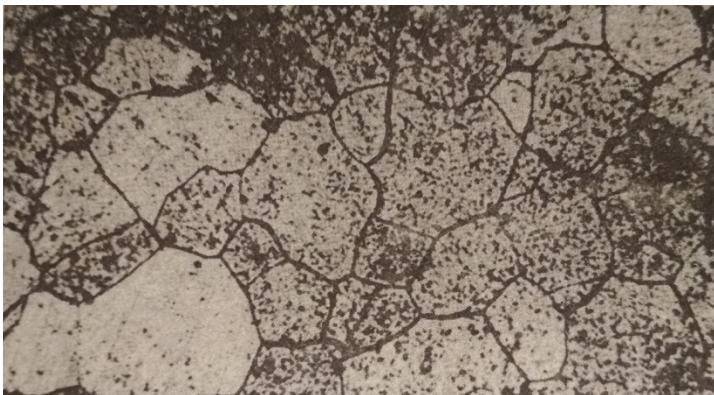


Рис. 5. Микроструктура Армко-железа при 500-кратном увеличении – феррит.

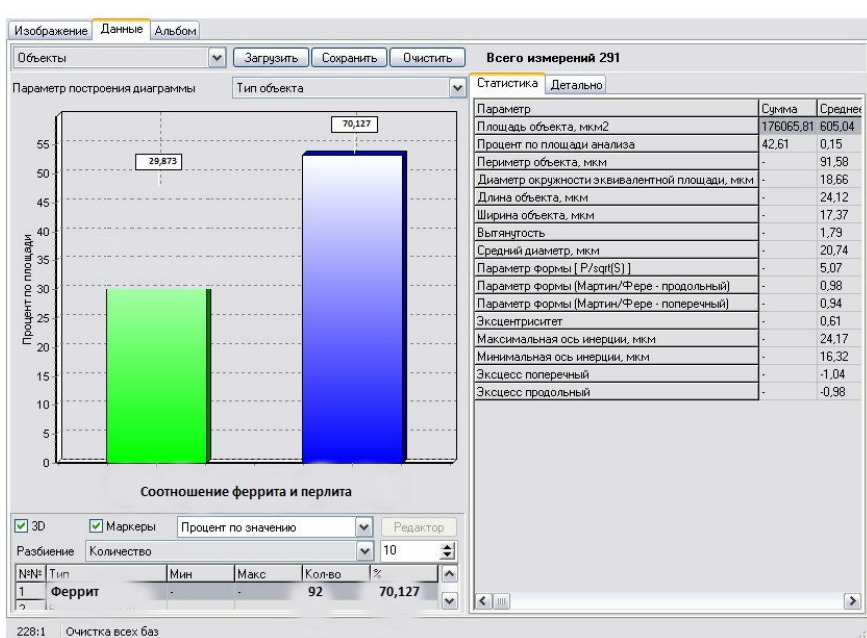


Рис. 6. Результаты автоматизированного исследования изображения структуры Армко-железа.

Указанная на рис. 5 структура идентифицирована в атласе как феррит, а автоматизированный комплекс анализа изображения показал, что в образце Армко-железа содержится 70,127% феррита и 29,873% перлита (рис. 6). Это больше, чем в стали марки Ст3. Неправильный результат показал, что программа не справляется с задачей анализа в случае плохой подготовки шлифа и некачественного изображения [8, 9].

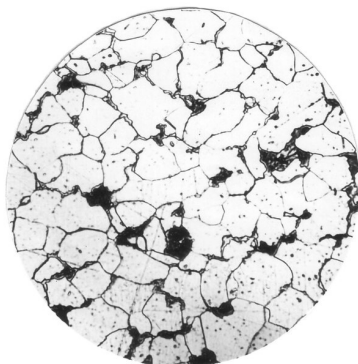


Рис. 7. Изображения микроструктуры стали марки Ст3кп

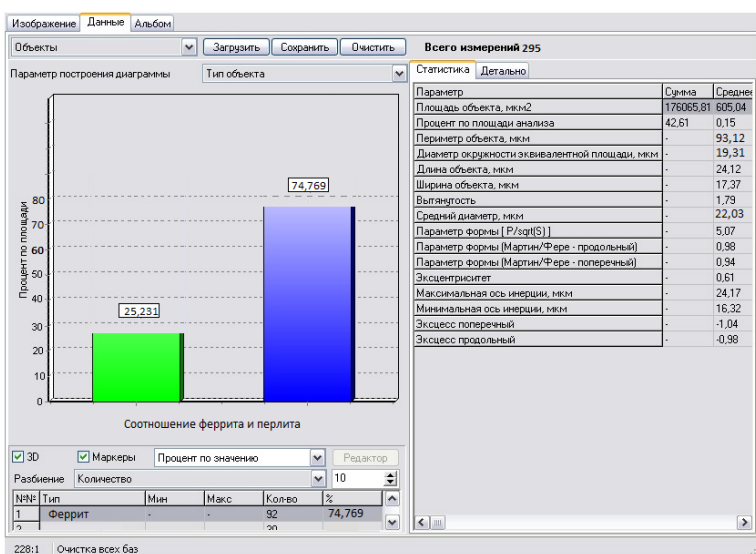


Рис. 8. Результаты определения соотношения структурных составляющих в стали

При качественной подготовке микроструктуры стали марки Ст3кп и её изображения к анализу применение в компьютерном эксперименте программы NEXSYS ImageExpert™ Pro 3 показало достоверный результат определения соотношения структурных составляющих (рис. 7, 8).

Как видно из рисунка, программный комплекс определил, что в данном образце стали Ст3кп содержится 74,769% феррита и 25,231% перлита в соответствии со стандартным (ГОСТ 380) содержанием углерода в сплаве (0,14...0,22).

Таким образом, используя технологию сетевого поиска Word2Vec, с целью нахождения программного продукта для анализа изображений

структуры стали, найдены доступные компьютерные инструменты. Показана практика использования найденных программных комплексов для количественного анализа микроструктуры Армко-железа и стали, их преимущества и недостатки. Однако большинство программ являются запатентованными и не имеют демо-версии, что затрудняет их использование в учебных целях. Приблизительная стоимость таких программных комплексов составляет 200 тыс. рублей.

Библиографический список

1. Сайт lektsii.org [Электронный ресурс]. – Исследование микроструктуры методами количественной металлографии, – Режим доступа: <https://lektsii.org/8-65651.html/>, свободный.
2. Чернявский К.С. Стереология в металловедении. – М.: Металлургия, 1977. 297 с.
3. Сайт ООО «Новые экспертные системы» – NEXSYS ImageExpert™ Pro3, – Режим доступа: http://www.nexsys.ru/nexsys_iepro3x.htm/, свободный.
4. Сайт компания «Тиксомет» – Thixomet Pro, – Режим доступа: <http://www.thixomet.ru/products/?show=2/>, свободный.
5. ГОСТ 5639. Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна.
6. Сайт компании «SIAMS» – Анализатор «SIAMS 800». – Режим доступа: <https://www.siams.com/products/siams800/>, свободный.
7. Сайт Российская ассоциация литейщиков – «SIAMS» системы анализа изображений и моделирование структур. – Режим доступа: <http://www.ruscastings.ru/work/168/172/193/4615/>, свободный.
8. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И. Спектор А.А. Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. 312 с.
9. Катанина А.Г. Выбор программного обеспечения и разработка нейросети для анализа структуры чугуна // Механизация строительства. 2017. № 11. С. 16-20.

КОНСТРУКТИВНОЕ СОВЕРШЕНСТВО И ЭЛЕМЕНТНАЯ УНИФИКАЦИЯ БУЛЬДОЗЕРОВ

*Пимонов Д.А., студент 4-го курса 15 группы ИИЭСМ
Научный руководитель – Севрюгина Н.С., к.т.н.*

Надежность, простота и ремонтпригодность – несомненные преимущества гусеничного бульдозера ЧТЗ Т-170. В то же время, не отвечающая современным требованиям конструкция, некоторые недостатки, особенно в ходовой части, не позволяют этой машине достойно конкурировать с современной техникой.

Т-170 представляет собой тяжелый гусеничный трактор 10-го тягового класса с широкой сферой применения.

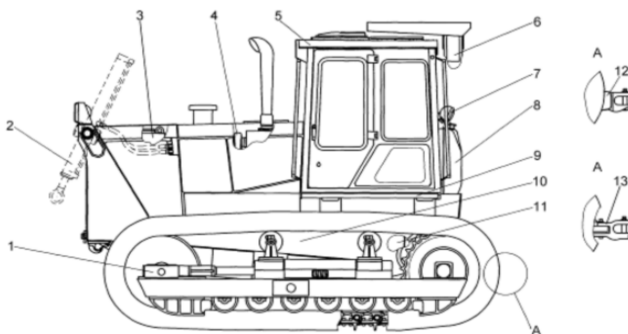


Рис. 1 Общий вид гусеничного бульдозера ЧТЗ Т-170:

1 – ходовая система; 2 – установка длинноходовых цилиндров; 3 – гидравлическая система; 4 – дизель; 5 – кабина; 6 – устройство защиты оператора «ROPS-FOPS»; 7 – электрооборудование; 8 – бак топливный; 9 – платформа; 10 – несущая система; 11 – трансмиссия; 12 – жесткое прицепное устройство; 13 – маятниковое прицепное устройство.

Бульдозер – самоходная землеройная машина, представляющая собой гусеничный или колесный трактор, тягач с навесным рабочим органом – криволинейным в сечении отвалом, расположенным вне базы ходовой части машины. Основные механизмы бульдозера: механизм передвижения, механизм поворота, механизм подъема-опускания отвала рыхлителя).

К преимуществам этой модели можно также отнести:

- адаптивность для работы в различных климатических поясах;
- невысокая стоимость.

Разумеется, имеются у бульдозеров Т-170 и определенные недостатки.

К таковым можно отнести:

- неудобное сложное рулевое управление;
- ненадежные фрикционные муфты, которые приходится время от времени менять.

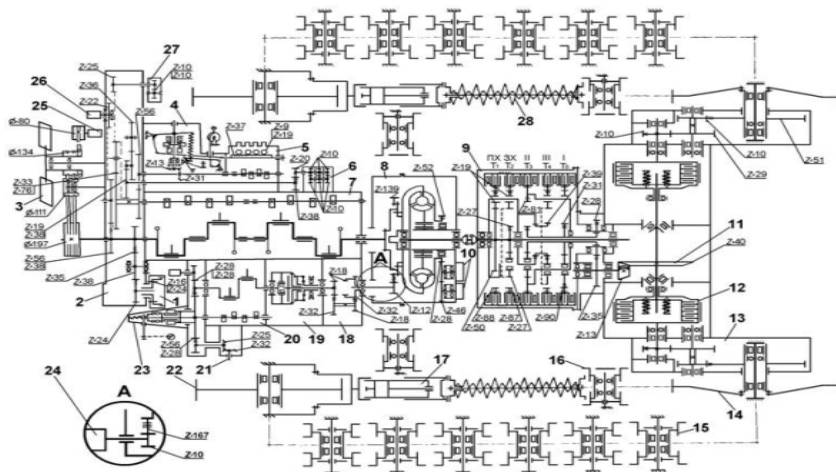


Рис. 2. Кинематическая схема:

1 – насос гидравлической системы; 2 – кожух шестерен распределения дизеля; 3 – вентилятор; 4 – регулятор дизеля; 5 – насос топливный; 6 – насос масляный; 7 – дизель; 8 – гидротрансформатор; 9 – коробка передач; 10 – гидронасосы; 11 – главная передача; 12 – бортовой фрикцион; 13 – бортовой редуктор; 14 – колесо ведущее; 15 – каток опорный; 16 – каток поддерживающий; 17 – механизм натяжения; 18 – редуктор пускового двигателя; 19 – муфта сцепления пускового двигателя; 20 – двигатель пусковой; 21 – механизм проворачивания; 22 – колесо натяжное; 23 – регулятор пускового двигателя; 24 – электростартер; 25 – генератор; 26 – насос системы охлаждения дизеля; 27 – насос гидравлической системы управления; 28 – механизм сдвания.

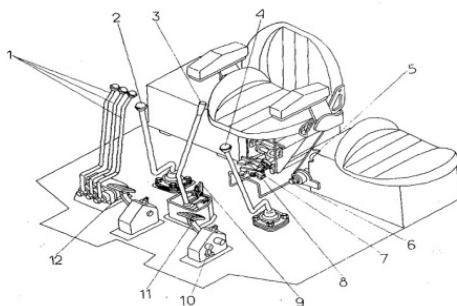


Рис. 3. Органы управления трактором:

1 – рычаги гидрораспределителя; 2 – рычаг переключения диапазонов и заднего хода; 3 – рычаг механизма управления поворотом; 4 – рычаг переключения передач; 5 – штепсельная розетка; 6 – выключатель «массы»; 7 – рукоятка регулирования положения сиденья по высоте; 8 – рукоятка регулирования сиденья по массе тракториста; 9 – защелка горного тормоза; 10 – фиксатор педали; 11 – педаль муфты сцепления; 12 – педаль тормоза.

Основное применение такого бульдозера – дорожное строительство, подготовка площадок, засыпка траншей, уборка снега, корчевание, глубокая вспашка и многое другое.

Условия работы, при которых возможно применение Т-170, самые широкие: от тропических районов до арктических широт.

Класс машины – бульдозер.

Типы машин должны иметь ряд типоразмеров, различающихся между собой мощностью привода, массой, производительностью, размерами рабочего органа, но имеющих в основном близкую конструкцию.

По режиму работы бульдозер является машиной циклического действия.

По виду привода: с гидравлическим приводом.

По степени подвижности: самоходные, в которых используется гусеничный движитель.

По универсальности: универсальные, имеющие одну базовую машину и сменное рабочее, ходовое или силовое оборудование.

По виду и средствам управления: с ручным управлением и механизированными системами управления.

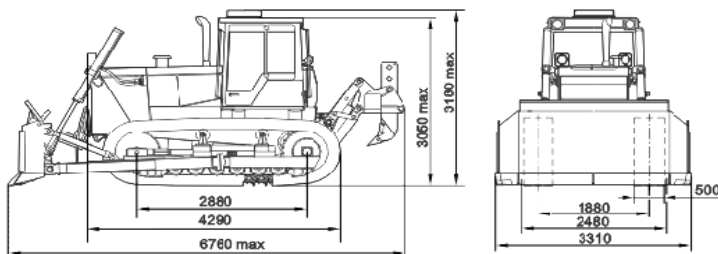


Рис. 4. Габариты машины.

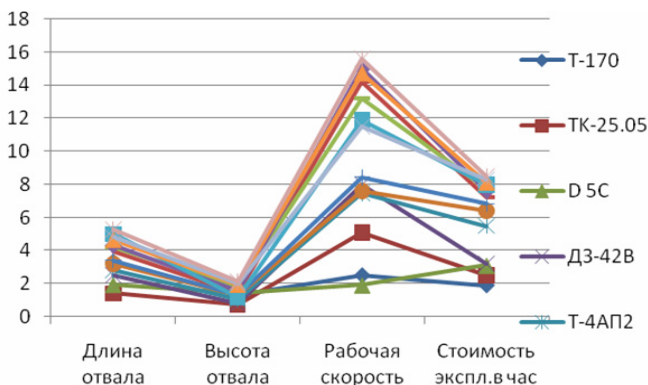


Рис. 5. Сравнительная графическая характеристика основных показателей бульдозеров.

Основные технико-эксплуатационные показатели бульдозеров

Модель	Длина отвала b , м	Высота отвала, h , м	Рабочие скорости, км/ч			Стоимость эксплуатации, тыс./ч
			v	V_{II}	$V_{об.х}$	
T-170	3,31	1,31	0,2	0,5	2,5	1,9
TK-25.05	1,4	0,72	0,5	0,0	5,1	2,5
D 5C	1,93	1,43	33,1	0,0	1,9	3,1
ДЗ-42В	2,52	0,8	22,5	5,0	8,0	3,2
T-4АП2	2,84	1,05	33,0	5,0	7,5	5,5
ДЗ-171.4	3,2	1,3	22,8	5,8	7,6	6,4
Б10.02ЕР	3,4	1,3	33,4	6,2	8,4	6,8
D355A-3 (KAMATSU)	4,31	1,54	55,8	12,5	15,0	7,6
D4C XL	4,99	1,17	55,1	11,0	11,9	8,0
D9R	4,65	1,93	44,1	11,8	14,7	8,1
ДЗ-141УХЛ	4,8	2,0	44,0	8,0	11,5	8,3
D10R	5,26	2,12	55,2	12,5	15,6	8,5

Техническая эстетика

Кабина оператора имеет очень слабую шумо- и виброизоляцию, сиденье оператора – тканевое, не имеет подогрева, но имеет виброгасители. Сиденье регулируется по вылету, спинка сиденья регулируется по наклону. Не имеет подголовник. Отсутствуют подлокотники. Ширина сиденья 600 мм, высота спинки 700 мм, ремень безопасности отсутствует.

В кабине бульдозера Т170 есть всё необходимое – много пространства (помещается ещё 2 пассажира), хорошая обзорность рабочей зоны (помеха двух передних стоек, двух боковых), удобное расположение органов управления. Кабина Т-170 конструктивно расположена над трансмиссией, крепится на специальной платформе, на раме машины с виброгасителями. Все основные датчики, приборы контроля над функционированием основных рабочих механизмов расположены перед водителем. Одна из основных групп приборов, за которыми должен наблюдать оператор, - это, конечно, контроль работы дизеля. Прочность каркаса кабины в высокой степени отвечает нормам безопасности для водителя. Есть принудительная вентиляция, «печка», возможна и установка кондиционера. Усилие на ручном рычаге составляет 50Н, на ножном – 250Н. Освещение кабины – отсутствует, яркость освещения панели приборов – средняя.

Система освещения дороги – 2 прожектора на крыше бульдозера; Ступеньки для подъема в кабину отсутствуют, доступ к кабине осуществляется путем опирания на толкающий брус, далее на гусеницу с последующим заходом в кабину.

На гусеничных тракторах общего назначения тяговых классов 2...5 – обзор передней части гусеницы (точка 1) и участка А площади перед гусеницей. В этой зоне располагается борозда, относительно которой направляют движение трактора, или другой ориентир в зависимости от выполняемой операции.

Тяговый расчёт

Тяговые сопротивления при работе бульдозера определяют в момент окончания набора грунта перед отвалом.

Общее тяговое сопротивление:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5, \text{ кН}$$

где F_1 – сопротивление отделению грунта от массива; F_2 – сопротивление перемещению призмы волочения; F_3, F_4 – сопротивление трению при движении грунта соответственно вверх по отвалу и вдоль него; F_5 – сопротивление движению базовой машины с бульдозерным оборудованием.

1. Сопротивление отделению грунта от массива (кН):

$$F_1 = k \cdot B \cdot h \cdot \cos \alpha, \text{ кН}$$

где k – удельное сопротивление резанию на единицу лобовой площади отвала, Н/м^2 , $k = 190 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2$ – для грунтов IV категории; h – глубина резания, м (оптимальные значение $h = (0,07 \dots 0,11)H$ для плотных грунтов), т.к. мы разрабатываем плотный грунт, то $h = 0,11 \cdot 1,21 = 0,13$ м; B – ширина отвала, м, $B = 3,67$ м, α – угол установки отвала в плане, $\alpha = 0^\circ$

$$F_1 = 190 \cdot 3,67 \cdot 0,13 \cdot \cos 0^\circ = 90,65 \text{ кН}$$

2. Сопротивление перемещению призмы волочения грунта (кН):

$$F_2 = m_{\text{пр}} \cdot g \cdot f_{\text{г}} \cdot \cos \alpha$$

и масса призмы волочения грунта (т):

$$m_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} \cdot \gamma_{\text{р}} = \frac{B \cdot H^2}{2k_{\text{пр}}} \cdot \gamma_{\text{р}} = \frac{3,67 \cdot 1,21^2}{2 \cdot 1,25} \cdot 1,75 = 3,76 \text{ т}$$

где B, H – ширина и высота отвала, м; $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, зависящий от характеристики грунта и формы отвала (для несвязных грунтов – $k_{\text{пр}} = 1,2 \dots 1,3$), $k_{\text{пр}} = 1,25$; $\gamma_{\text{р}}$ – плотность разрыхленного грунта, кг/м^3 ; $\gamma_{\text{р}} = 1,75 \text{ кг/м}^3$; $f_{\text{г}}$ – коэффициент трения грунта о грунт; $f_{\text{г}} = 0,65$ [2, табл. 22];

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2; F_2 = 3,67 \cdot 9,81 \cdot 0,65 \cdot \cos 0^\circ = 24,0 \text{ кН}$$

3. Сопротивление трению при движении грунта вверх по отвалу (кН):

$$F_3 = m_{\text{пр}} \cdot g \cdot f_{\text{с}} \cos^2 \delta \cdot \cos \alpha, \text{ кН}$$

где f_C – коэффициент трения грунта по металлу, $f_C = 0,45$ [2, табл. 22]; δ – угол резания, $\delta=55^\circ$; $\alpha = 0$ (т.к. отвал неповоротный).

$$F_3 = 3,76 \cdot 9,81 \cdot 0,45 \cdot \cos^2 55^\circ \cdot \cos 0^\circ = 5,46 \text{ кН}$$

4. Сопротивление трению при движении грунта вдоль по отвалу (кН):

$$F_4 = m_{\text{ПР}} \cdot g \cdot f_C \cdot f_{\Gamma} \cdot \sin \alpha = 0, \text{ т.к. } \alpha = 0^\circ$$

5. Сопротивление движению базовой машины с бульдозерным оборудованием (кН):

$$F_5 = (m_{\text{Б}} \pm R_{\text{ОВ}}) \cdot (f_0 \pm i), \text{ кН}$$

где $m_{\text{Б}}$ – масса бульдозера с базовым тягачом, кг; $R_{\text{ОВ}}$ – вертикальная реакция на отвал бульдозера, Н; f_0 – коэффициент сопротивления движению базовой машины, $f_0 = 0,1$ [1, табл. 11]; i – уклон поверхности движения, $i = 0$.

Ориентировочный расчёт $R_{\text{ОВ}}$:

$$R'_{\text{ОВ}} = k' \cdot x \cdot B,$$

где k' – коэффициент несущей способности грунта, $k' = 5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$; x – ширина площадки нижней поверхности ножа, трущейся о грунт с учётом затупления ножа, $x = 0,007 \dots, 0,10 \text{ м}$, $x = 0,1 \text{ м}$.

$$R'_{\text{ОВ}} = 5 \cdot 10^5 \cdot 0,01 \cdot 3,67 = 18350 \text{ Н}$$

$$F_5 = (17,6 \cdot 9,81 - 18,35) \cdot 0,1 = 15,4 \text{ кН}$$

Общее тяговое сопротивление:

$$F = 90,65 + 24,0 + 5,46 + 15,4 = 135,51 \text{ кН}$$

Движение бульдозера возможно, если

$$F_{\text{КСЦ}} \geq F_{\text{К}} \geq F$$

$$139,8 \geq 135,5 - \text{условие выполняется}$$

Потребная мощность двигателя трактора (кВт):

$$N_{\text{ДВ}} = \frac{F \cdot v}{3,6 \cdot \eta_{\Gamma}},$$

где F в кН; v – рабочая скорость бульдозера, км/ч.

$$N_{\text{ДВ}} = \frac{135,5 \cdot 2,9}{3,6 \cdot 0,85} = 128,4 \text{ кВт.}$$

$132 > 128,4$ – трактор Т-170 удовлетворяет условиям.

Библиографический список

1. Богомолов А.А. Технические основы создания машин: учебное пособие /А.А. Богомолов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 195 с.
2. Абрамов В.В., Ракунов Ю.П., Степанов М.А., Лукьянов Н.А. Технические основы создания машин. Учебное пособие – М.: Граница, 2014. – 392 с.
3. Белецкий Б.Ф. Строительные машины и оборудование: Справочное пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2002. – 592 с.
4. Добронравов С.С., Дронов В.Г., Строительные машины и основы автоматизации: Учебн. для строит. вузов. – М.: Высш. шк. , 2001. 575 с.
5. Попов В.Г. Оценка эффективности подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин: Уч. пособие – Череповец: ГОУ ВПО ЧГУ, 2005. – 183 с.
6. Российская энциклопедия самоходной техники. Справочное и учебное пособие для специалистов отрасли «Самоходные машины и механизмы». Т.1, 2 / Под. ред. Зорин В.А.. – М.: Просвещение, 2001. – 892 с.

ОЦЕНКА СВОЙСТВ НАПЛАВЛЕННЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЧУГУННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Слётов С.Ю., аспирант 2-го курса ИИЭСМ

Научный руководитель – Густов Ю.И., проф., д. т. н.

Представлены результаты анализа и оценки механических свойств металлов, наплавленных разработанными фирмой «Castolin Eutectic» (Германия) электродами, предназначенными для ремонта и восстановления деталей из серых и специальных чугунов. Для получения необходимого комплекса показателей свойств наплавленных металлов применительно к чугунным деталям лифтов использован метод относительных прочностных и пластических показателей.

Фирма «Castolin Eutectic» (Германия) разработала ряд сварочных и наплавочных материалов для ремонта и восстановления деталей из серых и специальных, в том числе аустенитных, чугунов. [1] Однако представленные в фирменном рекламном проспекте технические данные о механических свойствах металлов не отражают необходимого объема сведений о важнейших характеристиках материалов. Для обоснованного выбора сварочных и наплавочных электродов необходим комплекс показателей, включающий наряду с приведенными, относительное поперечное сужение ψ , истинное временное сопротивление разрыву S_b и истинное сопротивление разрыву S_k , а также структурно-энергетические (синергетические) критерии удельной энергии равномерной пластической деформации W_p , полной удельной энергии деформации и разрушения W_c и др.

Целью работы является оценка перечисленных показателей на основе исходных данных названной фирмы применительно к чугунным канатоведущим шкивам и отводным блокам лифтов.

Так, для электрода марки Castolin 2-44 на основе никеля приведены технические данные $\sigma_b=250-300 \text{ Н/мм}^2$, $\sigma_r=330 \text{ Н/мм}^2$ и 100-130 HV30. Показатели пластичности и другие характеристики не указаны. По нашему мнению, здесь допущена ошибка: предел текучести не может быть больше предела прочности.

Технические данные для металла, наплавленного электродом ХНД - 2230: $\sigma_b=470-550 \text{ Н/мм}^2$, $\sigma_r=320 \text{ Н/мм}^2$, 150-190 HV30.

Из представленных показателей следует коэффициент относительного удлинения равный

$$K_\delta = \sigma_E / HV = 470 / 150 \cdot 9,81 = 0,3194 \text{ и } K_\delta = 550 / 190 \cdot 9,81 = 0,295, \quad (1)$$

среднее значение составляет $K_\delta = 0,3072$.

Исходя из [2] $K_\delta = (1 - \delta)^{1-\delta}$, получим $\delta = 28,5\%$.

Учитывая выражение для коэффициента относительного сужения

$$K_\psi = K_\delta / (1 + K_\delta) = (1 - \psi)^{1/\psi} = 0,235, \quad (2)$$

имеем $\psi = 55\%$.

Принимая среднее значение предела прочности $\sigma_E = 510 \text{ Н/мм}^2$, составим уравнение относительных прочностных и пластических показателей [2, 3].

$$\sigma_{\eta}/\sigma_E + \delta/\psi = C = [(1 + \delta c)/1 + \delta_p]^{1/\psi}, \quad (3)$$

из которых получаем

$$\delta_p = [(1 + \delta)/C^\psi]^{0,5} - 1; \psi_p = \delta_p/(1 + \delta_p) \quad (4)$$

Прочно-пластический критерий $C=1,1456$, $\delta_p = 0,092$ (9,2%) и $\psi_p = 0,084$ (8,4%).

Истинное временное сопротивление разрыву S_B и истинное сопротивление разрыву S_K определяются по формулам [4]:

$$S_B = \sigma_E / (1 - \psi_p) = 556,77 \text{ Н/мм}^2, S_K = \sigma_E [1 + \psi/(1 - \psi_p)] = 816,2 \text{ Н/мм}^2 \quad (5)$$

Удельные энергии равномерной и полной пластической деформации можно определить по зависимостям

$$W_p = 0,5 \cdot (\sigma_{\eta} + S_B) \cdot \ln[1/(1 - \psi_p)] = 38,46 \text{ Н/мм}^2, \quad (6)$$

$$W_c = 0,5 \cdot (\sigma_{\eta} + S_K) \cdot \ln[1/(1 - \psi)] = 453,63 \text{ Н/мм}^2. \quad (7)$$

Предел выносливости наплавленного металла будет

$$\sigma_{-1} = K_{\delta} \cdot S_K = 0,3072 \cdot 816,2 = 250,7 \text{ Н/мм}^2. \quad (8)$$

Для проверки вычислений используем зависимости

$$HV = S_B + S_K + \sigma_{-1} = 556,77 + 816,2 + 250,7 = 1623,67 \text{ Н/мм}^2$$

при расхождении с экспериментом $\Delta = 2,64\%$,

$$S_K = S_B (1 - \psi_p + \psi) = 556,77 \cdot (1 - 0,084 + 0,55) = 816,2 \text{ Н/мм}^2 \quad \Delta=0\%,$$

$$K_{\delta} = 0,006 \cdot (50 + HV/50) = 0,006 \cdot (50 + 170/50) = 0,32(0,3072) \quad \Delta=4,3\%.$$

Проверка по различным контрольным формулам показывает, что расчет выполнен достаточно точно и получены вполне достоверные характеристики свойств наплавленного металла.

По приведенному выше алгоритму рассчитаны показатели механических свойств других наплавленных металлов. В табл. 1 приведены исходные и расчетные показатели металлов, наплавленных фирменными электродами.

Дополнительно к полученным расчетным показателям можно определить критерии зарождения $K_{з\eta}$ и развития трещин $K_{р\eta}$, критерий хрупкости $K_{хр}$ и комплексный критерий надежности металлов G по приведенным ниже формулам:

$$K_{з\eta} = W_p/\sigma_{\eta}, K_{р\eta} = (W_{\eta} - W_p)/\sigma_{\eta}, K_{хр} = (S_K + \sigma_{\eta})/(S_K - \sigma_{\eta}), G = K_{з\eta} \cdot K_{р\eta} \cdot K_{хр}. \quad (9)$$

Рассчитанные критерии приведены в табл. 2.

Таблица 1

Исходные и расчетные показатели фирменных наплавленных металлов

Марка электрода	σ_E	σ_τ	δ	ψ	HV	C	$\delta_o, \%$	S_B	S_K	σ_{-1}	W_p	W_c	K_δ	K_ψ
	Н/мм ²		%					Н/мм ²			Н/мм ²			
XHD-2230	470-550	230	28-29	55	150-190	1,14-0,99	9,2-13,8	556-580	816-894	250-273	38,4	453	0,29	0,235
Castolin Xuper2240	370-440	200	15	50	130-170	0,79	13,6	459	689	233	39,6	306	0,34	0,252
Castolin 2-24	400	230	13	48	150	0,84	10,8	448	612	210	34,6	275	0,34	0,256
CastoMag 45640	500	290	25	53	175	1,05	10,3	550	840	265	39,9	315	0,32	0,24

Таблица 2

Критерии надежности наплавленных металлов

Марка электрода	K_{σ_1}	$W_\eta - W_p,$ МПа	$K_{p\eta}$	$S_K + \sigma_\eta$	$S_K - \sigma_\eta$	K_{xp}	G
				МПа			
XHD-2230	0,167	415,14	1,805	1046,2	586,2	1,785	0,538
Castolin Xuper2240	0,198	267,14	1,336	889,7	489,7	1,817	0,481
Castolin 2-24	0,150	240,89	1,047	842,6	382,6	2,202	0,346
Casto Mag 45640	0,143	273,69	0,994	1082,3	502,3	2,155	0,291

Согласно полученным критериям надежности G , предпочтительным из числа рассмотренных является металл, наплавленный электродами марки ХНД-2230. Для этого металла характерно повышенное значение $K_{зп}$, наибольшая величина $K_{рп}$ и сопоставимый с остальными критериями $K_{хр}$. Меньшими значениями G обладает металл, наплавленный электродом Casto Mag 45640. Альтернативным металлу ХНД-2230 можно считать металл, наплавленный электродами Castolin Xuper2240, имеющий критерий надежности $G=0,481$.

Представляет интерес сопоставление свойств импортных наплавленных металлов и отечественных ковких чугунов, применяемых для получения отливок [5]. В табл. 3 приведены соответствующие показатели свойств ковких чугунов.

Таблица 3

Показатели механических свойств ковких чугунов

Марка чугуна	σ_E	σ_T	δ	ψ	S_K	W_c
	МПа		%		МПа	
КЧ 30-6	294	180	6	5,82	312	14,3
КЧ 33-8	323	209	8	7,69	349	21,5
КЧ 35-10	333	190	10	9,52	366	26,5
КЧ 37-12	362	242	12	10,4	405	36,7
КЧ 45-7	441	284	7	6,76	472	25,6
КЧ 50-5	490	290	5	4,88	515	19,6
КЧ 55-4	539	382	4	3,92	564	18,5
КЧ 60-3	588	390	3	2,96	606	14,7
КЧ 65-3	637	422	3	2,96	656	15,9

Установлено [5], что отечественным аналогом импортному материалу марки ХНД-2230 по прочностным показателям можно принять чугун марки КЧ45-7; материалу марки Castolin Xuper 2240 – чугун марки КЧ37-12; материалу марки Castolin 2-24-КЧ37-12; материалу марки Casto Mag 45640-КЧ50-5. Необходимо отметить, что при близких значениях прочностных показателей (σ_E , σ_T) импортные материалы имеют большие показатели пластичности (δ , ψ), истинного сопротивления разрыву (S_K) и полной удельной энергии разрушения (W_c).

Принимая адекватность механических и трибологических показателей, в частности, $\psi = D_a$, $\sigma_E/\sigma_T = K_3$, $K_w = f$, проверим применимость приведённых равенств для фирменных материалов.

Для проверки используем зависимости [4]

$$K_3 = [6,18/(1 - \psi)]^{(1 - \psi)/\psi}, K_a = K_3 [K_3^{0,5} + (K_3 - 1)^{0,5}] \quad (10)$$

$$f = (1 - \psi)^{1/\psi} \quad (11)$$

Для электрода марки ХНД-2230 получены значения: $K_3 = 1,296$, $K_a = 2,18$, $f = 0,234$. При $\sigma_E/\sigma_T = 510 / 230 = 2,217$ более близким значением является K_a ; коэффициент трения совпадает с $K_w = 0,235$.

Для электрода Castolin Xuper 2240 имеем $\sigma_E/\sigma_T = 405 / 200 = 2,025$.

$K_3 = 1,236$, $K_a = 1,975$, $f = 0,25$. Подтверждается практическое равенство $\sigma_E/\sigma_T = K_a$, $f = K_\psi$.

Для электрода Castolin 2-24 $\sigma_E/\sigma_T = 400 / 230 = 1,739$.

$K_3 = 1,206$, $K_a = 1,872$, $f = 0,256 = K_\psi$. Расхождение σ_E/σ_T с K_a составляет 7,1%, что свидетельствует о практическом их равенстве.

Для электрода Casto Mag 45640 $\sigma_E/\sigma_T = 500/290 = 1,724$.

$K_3 = 1,275$, $K_a = 2,1$, $f = 0,24 = K_\psi$. Расхождение σ_E/σ_T с K_a составляет 7,9%, что допустимо для оценки трибодеструкционного упрочнения продуктов износа по отношению прочностных показателей.

По результатам исследования можно отметить следующее:

1. Достаточно полный комплекс показателей механических свойств металлов можно получить расчетным путем по разработанной в НИУ МГСУ методике, основанной на уравнении относительных прочностных и пластических показателей.

2. Необходимыми и достаточными исходными показателями свойств являются σ_B , σ_T , δ , ψ . Минимально необходимыми являются характеристики σ_B и δ , σ_B и H_B , H_B и δ .

3. Подтверждена адекватность механических и трибологических показателей, позволяющая перейти от стандартных показателей прочности и пластичности металлов к микрофотографическим характеристикам поверхностей трения.

4. Рассмотренные электроды могут быть использованы для ремонта и восстановления изношенных канатопроводящих шкивов и отводных блоков лифтов, изготовленных из серых чугунов. Полученные расчетом дополнительные характеристики свойств позволяют более обоснованно выбирать электроды для конкретных деталей и условий их эксплуатации.

Библиографический список

1. Castolin Eutectic. Ремонт чугуна // Выставка «РосСварка-2015». Москва.
2. Густов Д.Ю., Густов Ю.И., Воронина И.В. Критерии механических свойств конструкционных металлических материалов // Механизация строительства. 2015. №11. С. 2-7.
3. Густов Ю.И., Густов Д.Ю., Большаков В.И. и др. Прочно-пластическая индексация металлических материалов // Металлургия и горнорудная промышленность. 1996. №3-4. С. 32-33.
4. Густов Ю.И., Воронина И.В., Аллатуф Х. Исследование критериев надежности сталей для металлоконструкций строительной техники // Механизация строительства. 2013. №1. С. 72-78.
5. Справочник по конструкционным материалам: Справочник / Б.Н. Арзамасов, Т.В. Соловьева, С.А. Герасимов и др. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 640 с.

ВЫБОР ИЗНОСОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ ПО АДЕКВАТНЫМ МЕХАНИЧЕСКИМ И ТРИБОМЕХАНИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ УПРОЧНЕНИЯ

*Юшков А.А., аспирант 4-го курса ИИЭСМ
Научный руководитель – Густов Ю.И., проф., д.т.н.*

Предельное упрочнение при статическом испытании на разрыв оцениваются отношением истинного сопротивления разрыву к пределу текучести $K=S_k/\sigma_T$. Теоретический и прикладной интерес представляет сопоставление показателя K с предельным трибодеформационным упрочнением K_a при абразивном изнашивании [1,7]. Величина K_a определяется по зависимостям

$$\text{при } K_s > 1 \quad K_a = K_s [K_s^{0,5} + (K_s - 1)^{0,5}], \quad (1)$$

$$\text{при } K_s < 1 \quad K_a = K_s [K_s^2 - (K_s - 1)^2],$$

где $K_s = (0,618/D_m)^{D_m/D_a}$ при парциальном микроизносе D_a и микрометалле D_m , составляющих в сумме 1,0. Для изношенной шероховатой поверхности трения принята адекватность парциального микроизноса D_a относительному поперечному сужению, т.е. $D_a = \psi$. В этом случае в выражении (1) принимается

$$K_s = \left[0,618 / (1 - \psi)^{(1 - \psi)/\psi} \right]. \quad (2)$$

С целью сравнения K и K_a использовали данные [2] и результаты проведенных исследований по определению истинного сопротивления разрыву S_k [3,4].

По результатам расчетного определения показателей предельного упрочнения сталей можно сделать следующие выводы.

1. Показатель $K = S_k/\sigma_T$ для рассмотренных марок стали изменяется в пределах 1,546...2,406 при среднем значении 1,928 \approx 2,0. Значения K_a находятся в интервале 1,471...2,414 при среднем 2,0, совпадающем со средним значением K . Таким образом, можно принять $K_a = S_k/\sigma_T$ или $S_k = K_a \cdot \sigma_T = K_s [K_s^{0,5} + (K_s - 1)^{0,5}] \sigma_T$, используя для расчета только ψ и σ_T .

2. Расхождения K и K_a для конкретных марок стали составляют $\Delta = 0,05...22,0\%$ при среднем 8,5%. С учетом п.1 можно заключить, что расчет предельного упрочнения при статическом растяжении по (1) дает практическое совпадение с соответствующими расчетно-экспериментальными значениями.

3. Расчет K и K_a по (2) и (1) показал деформационное разупрочнение стали 40X2H2MA. $K_s = 0,909 < 1$, $K_a = 0,744 < 1$. При испытании на статическое растяжение процесс разупрочнения не обнаруживается в силу разных масштабных факторов при макродеформировании и трибомеханическом микродеформировании. Для согласования с предельным упрочнением при макродеформировании можно принять $S_k/\sigma_T = 1 + K_a$. В этом случае для стали 40X2H2MA расхождение $\Delta = 0,3\%$. Можно использовать также выражение $S_k/\sigma_T - K_a = 1$.

Исходные и расчетные показатели свойств сталей

Марка стали	σ_T	σ_B	δ	ψ	S_k , МПа	К	K_s	K_a	Δ , %	S_B/σ_T	Δ , %
	МПа		%								
55	490	655	16	45	1000,5	2,040	1,153	1,689	17,3	1,408	18,1
40	600	710	12	62	1203,0	2,005	1,347	2,356	17,5	1,238	8,8
20ХГНР	1080	1270	10	50	1973,6	1,974	1,236	1,975	0,05	1,218	1,5
40ХН	760	910	20	60	1522,2	2,003	1,336	2,007	0,2	1,252	6,7
40Х2Н2МА	590	735	12	35	1025,4	1,738	0,909	0,774	0,3	1,287	3,0
40Х2Н2МА	900	1080	10	45	1622,6	1,803	1,153	1,689	6,31	1,243	7,3
О9Г2ФБ	905	1039	10,8	62	1747,6	1,931	1,347	2,358	22,0	1,192	13,0
50ХФА	1370	1470	10	42	2118,3	1,546	1,092	1,471	4,9	1,089	0,3
14Х2ГМР	730	960	13	69	1756,2	2,406	1,363	2,414	0,6	1,424	4,3
30ХГТ	760	930	19	65	1618,4	2,129	1,358	2,400	12,7	1,290	5,2
25Х2М1Ф	980	1080	10	45	1598,0	1,631	1,153	1,689	3,6	1,125	2,5

В связи с рассмотренным возникает возможность сравнения степени упрочнения K_s с отношением S_B/σ_T . Установлено, что и в этом случае между ними наблюдается вполне удовлетворительное соответствие. Значения S_B/σ_T находятся в интервале 1,089...1,408 при среднем 1,251; значения $K_s=1,092...1,363$ при среднем 1,254.

Необходимо отметить, что поверхностное разупрочнение стали 40Х2Н2МА при $K_s = 0,909 < 1$ не показано величиной $S_B/\sigma_T = 1,287 > 1$ опять-таки вследствие разных геометрических масштабов. Для согласования K_s и S_B/σ_T можно принять выражение $(S_B/\sigma_T)^{0,5} = K_s^{-1}$ с расхождением $\Delta = 0,3\%$. Отсюда для разупрочняющихся металлов применима зависимость $K_s(S_B/\sigma_T)^{0,5} = 1$.

Исходя из адекватности механических и трибомеханических упрочнений металлических материалов, можно осуществить выбор сталей и сплавов для конструктивных элементов трибосистем по расчетным значениям K_s и K_a , не приводя оценочных испытаний на абразивный износ. Как установлено ранее [4], повышенная абразивная износостойкость детали обеспечивается при условии квазидинамического равновесия $K_s - K_a = 1,0$.

Так, из числа рассмотренных марок стали этому условию отвечает сталь 50ХФА, имеющая наименьшие значения $S_k/\sigma_T = 1,546$ $S_B/\sigma_T = 1,089$ $K_s = 1,092$ $K_a = 1,471$ и наибольшие величины $\sigma_T = 1370$ МПа и $\sigma_B = 1470$ МПа. Исходная твёрдость этой стали составляет [5] $HB_0 = \sigma_B/K_s = \sigma_B/(1-\delta)^{1/8} = 147[(1-0,1)^{10}] = 1470 \cdot 0,3487 = 512,6$ МПа, твёрдость на поверхности в результате трибодеструкционного упрочнения достигает значения $H_s = K_s$ $HB_0 = 560$ МПа, предельная твёрдость продуктов износа $H_a = K_a HB_0 = 560$

МПа. При микротвёрдости кварцевых абразивных частиц [3] $H_{\text{абр}}=1,1 \cdot 10^3$ МПа относительная твёрдость стали 50ХФА ориентировочно составляет $K_T=H_0/H_{\text{абр}}=0,466$.

Установлено, что $K_T=K_s^{0,5}+(K_s-1)^{0,5}-1$. Получено $K_T=0,347$ при расхождении с оценочным значением 25,5%. В этом случае при указанных значениях K_T можно предположить абразивное изнашивание стали по механизму малоциклового усталости. Это подтверждается условиями $0,325 < D_a = \psi = 0,42$ [4].

Таким образом, на основе адекватности механических и трибомеханических показателей упрочнения металлов возможен выбор рациональных сталей и сплавов с прогнозированием механизма их изнашивания.

Общий вывод. Предельное относительное деформационное упрочнение при испытании на статическое растяжение $K=S_k/\sigma_T$ возможно оценить показателем K_a , принятым для предельного трибомеханического упрочнения при абразивном изнашивании металлов.

Отношение S_k/σ_B вполне удовлетворительно коррелирует с показателем K_s , характеризующим поверхностное трибомеханическое упрочнение при абразивном изнашивании металлических материалов. Исходя из адекватности механических и трибомеханических показателей упрочнения, возможно выбрать металлические материалы для трбосистем строительной техники без оценочных испытаний на износ.

Библиографический список

1. Густов Ю.И., Воронина И.В., Орехов А.А. Методология исследования трибомеханических показателей строительной техники // Механизация строительства. 2011. №8. С. 10-12.
2. Марочник сталей и сплавов. // В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
3. Физические величины: Справочник / А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
4. Густов Ю.И. Триботехника строительных машин и оборудования: Монография / Москов. гос. строит. ун-т – М.: МГСУ, 2011. – 192 с.
5. Густов Ю.И., Густов Д.Ю., Воронина И.В. Синергетические критерии металлических материалов // Доклады Российско-словацко-польского семинара «Теоретические основы строительства». Варшава, 2006. С. 179-184.
6. Густов Ю.И., Аллатуф Х.Л. Выбор стальных труб для нефтепроводов по синергетическим критериям // Механизация строительства. 2014. №2. С. 26-28.
7. Густов Ю.И., Густов Д.Ю., Воронина И.В. Методология определения триботехнических показателей металлических материалов // Сборник докладов Словацко-Российско-Польского семинара «Теоретические основы строительства». М., 2007. С. 339-342.

СЕКЦИЯ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ
И ВЕНТИЛЯЦИИ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ С ТЕПЛОВЫМ ПОБУЖДЕНИЕМ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА

*Абрамкина Д.В., аспирант 4-го года обучения ИИЭСМ
Научный руководитель – Рымаров А.Г., доцент, к.т.н.*

Системы вентиляции с тепловым побуждением движения воздуха – это системы с дополнительным подогревом вытяжных вентиляционных каналов, который позволяет увеличить разницу температур между наружным и удаляемым воздухом из помещения, тем самым повышая циркуляционный эффект.

Расчет основных параметров работы систем вентиляции с тепловым побуждением лежит в основе решения системы уравнений Обербека-Буссинеска [1]:

$$\begin{cases} \frac{\partial v}{\partial t} + (v \nabla) \cdot v = -\frac{1}{\bar{\rho}} \cdot \nabla p + \nu \cdot \Delta v + g \cdot \beta \cdot T \cdot \gamma \\ \frac{\partial T}{\partial t} + v \cdot \nabla T = \chi \cdot \Delta T \\ \operatorname{div} v = 0 \end{cases},$$

где v – скорость движения воздушного потока, м/с; p – конвективная добавка к гидростатическому давлению, соответствующему средним температуре и плотности, Па; $\bar{\rho}$ – средняя плотность, кг/м³; T – температура, отсчитываемая от некоторого среднего значения, К; g – ускорение силы тяжести, м/с²; ν и χ – коэффициенты кинематической вязкости (м²/с) и теплопроводности (м²/с), предполагаемые постоянными; β – объемный коэффициент теплового расширения, 1/К; γ – единичный вектор, направленный по вертикали вверх.

Движение воздуха в вентиляционном канале возникает за счет наличия разности плотностей во внутренней области вентиляционного канала (Ω_1) и воздуха в помещении (Ω_2) (рис.1). Условная температура на греющих стенках вытяжного воздуховода равна t_k , К, остальные стенки считаются адиабатными.

В качестве допущения принимаем, что воздух прозрачен для теплового излучения стенок, а также что распределение давлений во внешних областях Ω_2 и Ω_3 определяется гидростатикой.

Характер течения воздушных потоков в условиях свободной конвекции определяется числом Рэлея [2]:

$$Ra = Gr \cdot Pr = \frac{g \cdot \beta \cdot \theta \cdot l^3}{\nu \cdot \chi},$$

где $\theta = T_k - T_e$ – расчетная разница температур; T_k – условная температура на внутренней стенке вентиляционного канала, К; T_e – температура воздушного потока, К; l – характерный размер области течения воздушного потока, м;

Согласно [3], ламинарный режим течения сохраняется при $10^3 < Ra \leq 10^9$. Для рассматриваемой задачи при нагреве вертикальной части вентиляционного канала совместно с отводом и расчетной разнице температур $\theta=1\div 40$, число Рэлея варьируется от $0,79 \cdot 10^9$ до $3,14 \cdot 10^{10}$.

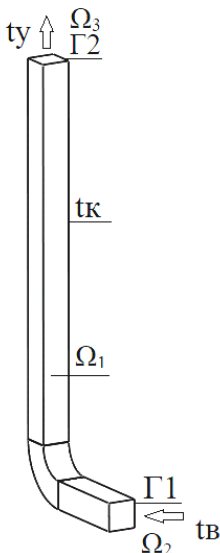


Рис. 1. Расчетная схема математической модели

В случае моделирования внутренней задачи свободной конвекции в системе с теплоотводящими границами, которыми в представленной схеме являются границы внешних областей Γ_1 и Γ_2 , при потоках с числами Рэлея $Ra < 10^{11}$, учет турбулизации течения практически не оказывает влияние на конечные результаты [4]. Тепловой механизм неустойчивости подавляется наличием свободных границ, при движении воздушных потоков в которых, происходит стабилизация конвективного течения [5]. Таким образом, в рассматриваемом диапазоне значений чисел Рэлея является обоснованным применение ламинарного приближения.

Исследование процессов свободной конвекции проводилось с помощью специализированного программного обеспечения CFD (computational fluid dynamics – вычислительная гидродинамика) Ansys Fluent.

Определение физической корректности представленной математической модели производится за счет процесса сопоставления результатов натурного и численного экспериментов [6].

Экспериментальная установка представляет собой вентиляционный канал (1, рис. 2), размером 150x150 мм, выполненный из оцинкованной стали. Нагрев воздуха осуществляется с помощью гибкого ленточного нагревательного элемента номинальной мощностью 1,61 кВт (2, рис. 2), размещенного с наружной стороны канала и закрепленного с помощью ар-

мированной самоклеющейся ленты (рис. 3). Регулирование температуры происходит с помощью электронного терморегулятора (3, рис. 2), через который нагревательный элемент подключается к сети переменного тока. Контроль условной температуры на внутренней поверхности вентиляционного канала производится с помощью термоэлектрического датчика (4, рис. 2). Для осуществления равномерного прогрева и снижения тепловых потерь, снаружи установки прокладывается теплоизоляционный слой.

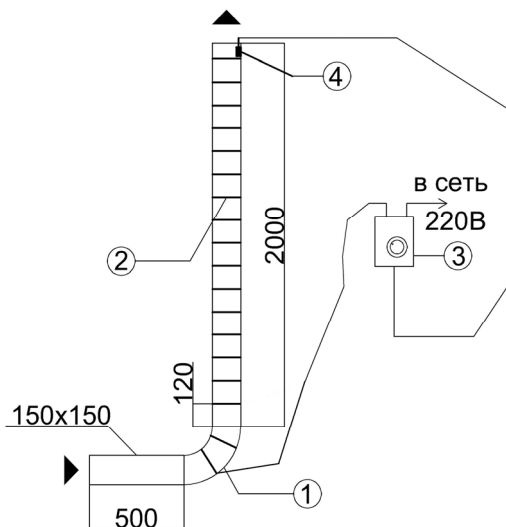


Рис. 2. Схема экспериментальной установки.



Рис. 3. Фото экспериментальной установки. Слева: прокладка гибкого ленточного нагревательного элемента, справа: фиксация кабеля с помощью самоклеющейся армированной ленты.

Измерение осевой температуры воздушного потока по высоте вентиляционного канала проводилось по четырем контрольным сечениям (рис. 4).

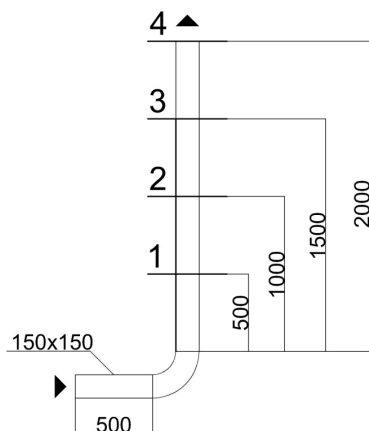


Рис. 4. Расположение контрольных сечений

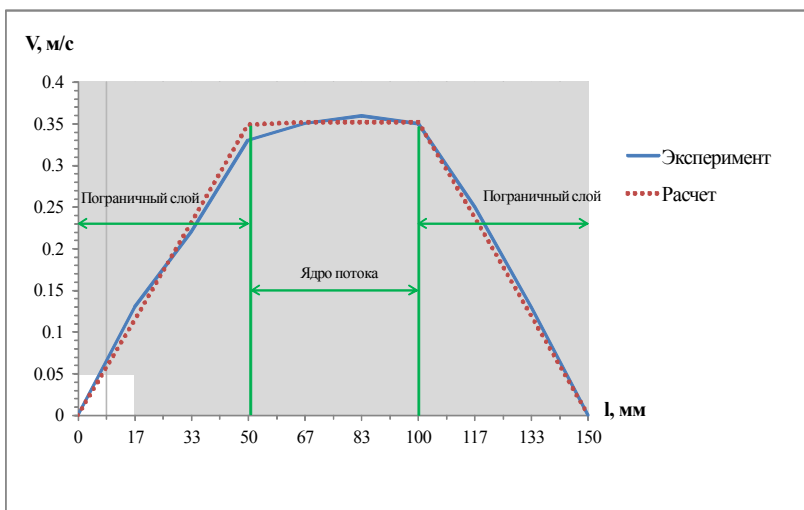


Рис. 5. Профили скорости на входе в вентиляционный канал (V , м/с) при нагреве вертикального участка канала совместно с отводом.

Профиль скорости воздушного потока на входе в вентиляционный канал в условиях численного моделирования представляет собой осесимметричную кривую. Вблизи стенок воздуховода устанавливается переменная по сечению скорость, соответствующая динамическому пограничному слою [7], возрастающая от нуля до скорости невозмущенного потока

(рис. 5). Профиль скорости, формирующийся в условиях натурального эксперимента, имеет некоторые отклонения от идеального графика, что связано с наличием в помещении неорганизованного притока: перетекание воздуха из соседних помещений через подрез дверного полотна, а так же поступление наружного воздуха через неплотности ограждающих конструкций.

Осевая температура воздушного потока увеличивается по высоте канала (рис. 6), что обусловлено взаимодействием конвективных потоков, возникающих у нагретых стенок воздуховода.

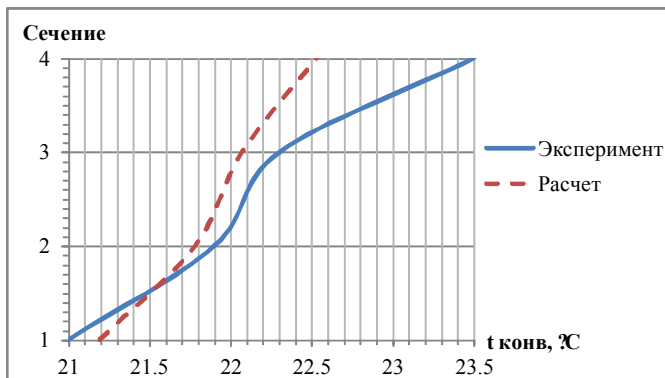


Рис. 6. График изменения осевой температуры воздушного потока ($t_{\text{конв}}$, °C) по контрольным сечениям при нагреве вертикального участка канала совместно с отводом.

Выводы. Расхождение результатов численного моделирования и эксперимента несколько увеличивается по высоте вентиляционного канала, однако невязка составляет менее 4,1 %. Проведенное экспериментальное исследование позволяет сделать вывод как о достоверности результатов численного моделирования в рассматриваемом диапазоне значений основных параметров, так и о возможности CFD моделирования свободноконвективных течений в условиях внутренней задачи.

Библиографический список

1. Гершуни Г.З. Устойчивость конвективных течений / Г.З. Гершуни, Е.М. Жуховицкий, А.А. Непомнящий. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 320 с.
2. Ландау Н.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: учебное пособие в 10т. Т. VI. Гидродинамика. – 3-е изд., перераб. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 736 с.
3. Исаченко В.П., Осипов В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.

4. Кузнецов Г.В. Естественная конвекция в замкнутом параллелепипеде при наличии локального источника энергии. // Прикладная механика и техническая физика. 2013. Т. 54. № 4. С. 86-95.
5. Лобов Н.И., Никитин А.И. Влияние движения границ на устойчивость конвективного течения в вертикальном слое. // Исследование тепловой конвекции и теплопередачи: [сб. статей]. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1981. С. 12-15.
6. Харитонов А.М. О верификации и валидации моделей и методов численного моделирования пространственных течений // Международная конференция «Современные проблемы прикладной математики и механики: теория, эксперимент и практика», Новосибирск, 30 мая – 4 июня 2011 г. 2011. С. 1-7.
7. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям – М.: Рипол Классик, 2013. – 468 с.

РАСЧЕТ ВОЗДУХООБМЕНА В ЖИЛОМ ЗДАНИИ С ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ ВЫТЯЖНЫМИ КАНАЛАМИ

*Агаханова К.М., аспирантка 3-го курса 34 группы ИИЭСМ
Научный руководитель – Малявина Е.Г., проф., к.т.н.*

В данном докладе рассматривается вопрос исследования и расчёта воздушного режима здания с целью определения расходов фильтрующегося воздуха в помещения и расходов воздуха, удаляемых из квартир гравитационными вытяжными системами.

Как правило, в жилых домах предусматривают естественную систему вентиляции, как приточную, так и вытяжную, воздухообмен в которых происходит под действием естественных сил (гравитационных и ветровых давлений) и работы гравитационных систем вентиляции. Различают две принципиальные схемы вентиляционных систем: с помощью индивидуальных каналов от каждой вытяжной решетки (рис. 1); с индивидуальными коробами, к которым с помощью ответвлений-спутников длиной 2 м подсоединяются ответвления. В данном докладе рассматривается первый вариант вентиляционных систем – с индивидуальными вытяжными каналами от каждой вытяжной решетки.

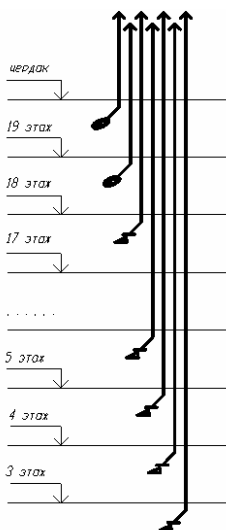
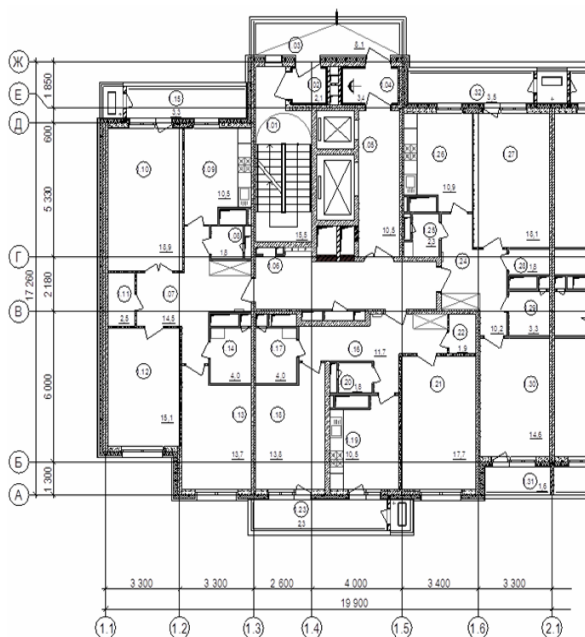


Рис. 1. Схема системы вентиляции с индивидуальным вытяжным каналом для каждой решетки.

В основе разработанной программы для расчета воздушных потоков заложены идеи и результаты Н.Н.Разумова [1] и С.В.Бирюкова [2]. Расчет выполнен на примере девятнадцатизэтажного жилого здания (рис. 2).



3 комнатная квартира Секция 1			
№ помещ.	Наименование помещения	Площадь (м кв.)	Прим.
1.07	Холл	14,5	
1.08	С/у	1,8	
1.09	Кухня	10,5	
1.10	Гостиная	18,9	
1.11	Кладовая	2,5	
1.12	Спальня	15,1	
1.13	Спальня	13,7	
1.14	С/у	4,0	
1.15	Лоджия	3,3	
Итого:		84,3 м2	

2 комнатная квартира 2Б Секция 1			
№ помещ.	Наименование помещения	Площадь (м кв.)	Прим.
1.16	Холл	11,7	
1.17	С/у	4,0	
1.18	Спальня	13,8	
1.19	Кухня	10,5	
1.20	С/у	1,8	
1.21	Гостиная	17,7	
1.22	Кладовая	1,9	
1.23	Балкон	2,3	
Итого:		63,7 м2	

2 комнатная квартира 2Б Секция 1			
№ помещ.	Наименование помещения	Площадь (м кв.)	Прим.
1.24	Холл	10,2	
1.25	С/у	2,3	
1.26	Кухня	10,9	
1.27	Гостиная	18,1	
1.28	Кладовая	1,8	
1.29	С/у	3,3	
1.30	Спальня	14,6	
1.31	Лоджия	1,6	
1.32	Лоджия	3,5	

Рис. 2. План и экспликация типового этажа 1 секции девятнадцатэтажного жилого здания.

Составленная программа состоит из нескольких разделов, алгоритм которых представлен ниже

1. Предварительные расчеты:

Блок предварительных расчетов посвящен определению граничных условий, к которым относятся все силы, оказывающие влияние на процесс воздухообмена в здании. Блок предварительных расчетов состоит из нескольких подразделов:

- ввод исходных данных, к которым относятся: климатические данные района строительства; геометрические характеристики здания и вентиляционных систем; аэродинамические характеристики здания и воздухопроницаемость отверстий;
- расчет давлений, приложенных снаружи к центрам отверстий и характеристик сопротивления воздухопроницаемых отверстий и вентиляционных систем [2,3].

Расчет давлений ведется относительно условного нуля, за который принят уровень наиболее удаленного элемента от поверхности земли, т.е. верх вытяжной шахты на расстоянии $H_{расч}$.

Полное избыточное давление, формирующееся в наружном воздухе в точке на высоте h здания, будет равно, Па:

$$P_{полн}^{нар} = g(H_{расч} - h)\rho_H + (K_{аэр} - K_{аэр}^{зав}) \frac{v_{ветра}^2}{2} \rho_H c_v \quad (1)$$

Для удобства расчета внутреннее гравитационное давление относят к наружному давлению, Па:

$$\begin{aligned} P_{полн}^{нар} &= g(H_{расч} - h)\rho_H + (K_{аэр} - K_{аэр}^{зав}) \frac{v_{ветра}^2}{2} \rho_H c_v - g(H_{расч} - h)\rho_{вн} = \\ &= g(H_{расч} - h)(\rho_H - \rho_{вн}) + (K_{аэр} - K_{аэр}^{зав}) \frac{v_{ветра}^2}{2} \rho_H c_v \end{aligned} \quad (2)$$

где: g – ускорение силы тяжести, м/с²; h – высота воздухопроницаемого элемента относительно условного нуля, м; $\rho_{вн}$ – плотность внутреннего воздуха, кг/м³; $K_{аэр}$ – аэродинамический коэффициент на расчетном фасаде [4]; $v_{ветра}$ – скорость ветра на фасад, м/с; c_v – коэффициент учета изменения скоростного давления ветра от высоты здания [4].

Характеристика сопротивления отверстий (окон, дверей) определяется как [2]:

$$\text{- окна } S_{отв}, \text{ Па/м} \cdot (\text{кг/ч})^2: \quad S_{отв} = 10 \left(\frac{R_u}{F_{отв}} \right)^{\frac{3}{2}}, \quad (3)$$

$$\text{- двери } S_{отв}, \text{ Па/м} \cdot (\text{кг/ч})^2: \quad S_{отв} = 10 \left(\frac{R_u}{F_{отв}} \right)^2, \quad (4)$$

где: R_u – сопротивление воздухопроницанию, (м²·ч)/кг; $F_{отв}$ – площадь отверстия, м²; 10 – разность давлений для светопрозрачных заполнений проёмов окон, при которой производятся испытания их воздухопроницаемости, Па.

Характеристика аэродинамического сопротивления участков вентиляционных систем S , Па/(кг/ч)², определяется как [2]:

$$S = \frac{\lambda}{d} l + \sum \zeta \quad (5)$$

где: λ – коэффициент трения; d – эквивалентный диаметр воздуховода, м; l – длина воздуховода; ζ – коэффициент местного сопротивления; f – живое сечение элемента, м²; ρ – плотность перемещаемого воздуха, кг/м³.

Вентиляционные системы одной квартиры соединены между собой параллельно, так же как и наружные отверстия, характеристики сопротивления которых можно сложить. Но полные наружные давления, форми-

рующиеся в наружном воздухе в центре отверстий одной квартиры, различны из-за различного расстояния от центра отверстия до условного нуля, в отличие от вентиляционных систем, для которых наружным давлением является полное избыточное давление, формирующееся в наружном воздухе в шахте. Поэтому было принято решения складывать характеристики сопротивления только вентиляционных систем. Сложение характеристик сопротивления при расчете воздушного режима впервые было предложено Н.Н. Разумовым [1]. По правилу сложения характеристик сопротивления параллельно соединенных отверстий следует [1, 3]:

$$S_{\text{парал}} = \left(\frac{1}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right)^2 \quad (6)$$

На этом расчет предварительного блока окончен.

2. Итерационная часть.

Неизвестными в данном расчете являются расходы воздуха, фильтрующегося через воздухопроницаемые отверстия и удаляемые вытяжными системами вентиляции и давления в помещениях каждого этажа. Каждая квартира рассматривается как единый объем без учета перегородок между помещениями. В связи с тем, что внутреннее аэростатическое давление было вынесено к наружному, искомая величина давления внутри помещения будет величиной постоянной по высоте квартиры.

Расчет состоит из нескольких итераций. В пределах первой итерации вводится допущение – отсутствие дверей, ведущих в общий коридор, т.к. давления в коридоре и в квартирах неизвестны. В последующих итерациях, после предварительного вычисления давлений на каждом этаже, алгоритм расчета дополняется расчетом фильтрационных потоков через дверь.

В пределах одной итерации составляется система уравнений каждой квартиры, лестнично-лифтового холла и коридора. Таким образом, воздушный баланс выполняется не по зданию, а для каждого объема помещений. Система включает в себя уравнения расходов воздуха через отверстия и вентиляционные системы:

- расход воздуха, фильтрующийся через воздухопроницаемые отверстия, определяется как [3], кг/ч:

$$G = \left[\frac{|P_{\text{нар}} - P_{\text{вн}}|}{S_{\text{отв}}} \right]^{1/m} \text{sign}(P_{\text{нар}} - P_{\text{вн}}) \quad (7)$$

где: $P_{\text{нар}}$, $P_{\text{вн}}$ – давление снаружи и внутри помещения в центре проёма, Па; $\text{sign}(P_{\text{нар}} - P_{\text{вн}})$ – функция, указывающая знак разности давлений, m – пока-

затель степени, зависящий от режима течения: для окон принимается равным 3/2, для дверей – 2.

- расход воздуха, удаляемый вытяжными системами вентиляции, определяется как [3], кг/ч:

$$G = \sqrt{\frac{P_{нар} - P_{вн}}{S}} \text{sign}(P_{нар} - P_{вн}) \quad (8)$$

Условием сходимости алгоритма расчета является равенство нулю суммы расходов воздуха через проемы квартиры:

$$\sum G = 0 \quad (9)$$

Давление $P_{вн}$ в помещении при выполнении данного условия признается правильным. Погрешность составляет: $\epsilon = 1$ кг/ч.

В связи с тем, что в данном примере принята схема системы вентиляции с индивидуальными вытяжными каналами от каждой вентиляционной решетки, не требуется пересчета характеристик аэродинамического сопротивления вентиляционных каналов, т.к. в системах нет элементов, где коэффициенты местных сопротивлений зависят от расходов воздуха в них. Схема таких систем представлена на рис. 1. Отличие расчета фильтрационных потоков в здании с ответвлениями-спутниками от здания с индивидуальными каналами от каждой вентиляционной решетки заключается в необходимости пересчета характеристик аэродинамического сопротивления на участках вентиляционных систем в каждой итерации в зависимости от изменения расхода воздуха через участок.

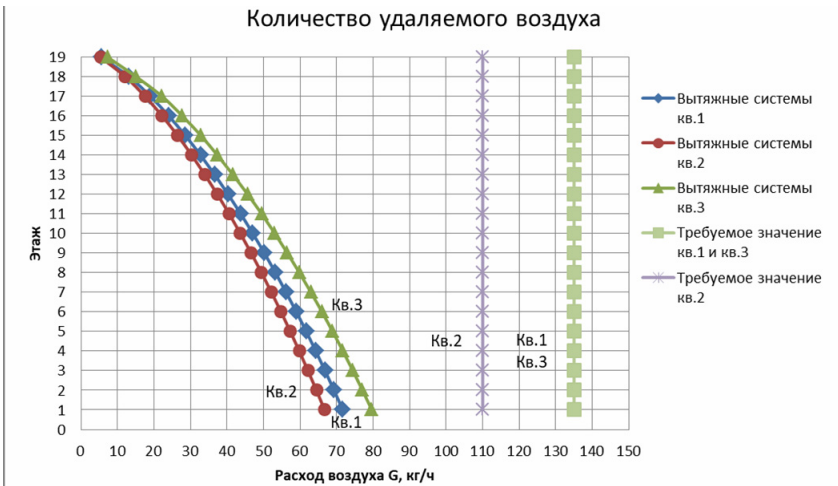


Рис. 3. Сравнение изменяющегося по высоте здания расхода, удаляемого естественными вытяжными системами воздуха с требуемым.

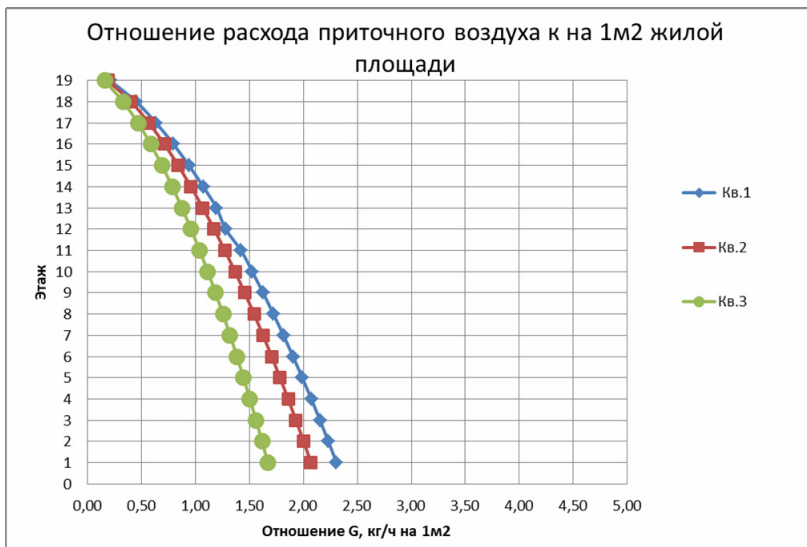


Рис. 4. Отношение расхода приточного воздуха на 1 м² жилой площади квартир

Расчет был выполнен при следующих условиях наружной среды: температура воздуха +5 °С, скорость ветра $v = 0$ м/с. Результаты расчетов для трех квартир девятнадцатизэтажного жилого здания представлены на рис. 3 и 4. Ранее уже были выполнены расчеты для других условий внешней среды, результаты которых представлены в [6, 7].

Все расходы, показанные на рис. 4, являются суммами расчётных расходов по притоку в квартиру, которые равны сумме по вытяжке из кухни, ванн, и туалетов. Расход приточного воздуха уменьшается по высоте здания. Сравнение полученного при расчете расхода приточного воздуха в квартиры с требуемыми по СП 54.13330.2016 [5] 3 м³/ч на 1 м² жилой площади, если на одного человека предусмотрено 20 м² площади, показало несоответствие нормативным требованиям.

Выводы:

1. Расход поступающего и удаляемого из квартир воздуха уменьшается от нижних к верхним этажам здания.
2. Расход приточного воздуха не соответствует требованиям [5].

Библиографический список

1. Разумов, Н.Н. Графо-аналитический метод исследования и расчета воздухообмена в зданиях любой объемно-пространственной композиции: дис. канд. техн. наук / Н.Н.Разумов. М., 1969. – 141с.
2. Бирюков С.В. Разработка метода определения нормы потребления тепловой энергии системами отопления и вентиляции общественных зда-

ний (на примере учебных корпусов вузов): дис. канд.техн.наук / С. В. Бирюков. М., 2002. – 184 с.

3. Тертичник Е.И. Вентиляция. – М.: Издательство АСВ, 2015. – 608 с.

4. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. 2016. – 80 с.

5. СП 54.13330.2016. Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003. – М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. 2016. – 58с.

6. Тертичник Е.И., Агаханова К.М. О методике расчета фильтрационных потоков воздуха в квартирах секции многоэтажного жилого здания // Научное обозрение. 2017. №11. С. 19-24.

7. Тертичник Е.И., Агаханова К.М. Сравнение результатов расчета фильтрационных потоков воздуха для различных климатических условий // В сборнике: Строительство – формирование среды жизнедеятельности. 2017. С. 914-916.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО СОСТАВА ТЕПЛОЙ ИЗОЛЯЦИИ НАРУЖНОГО ОГРАЖДЕНИЯ МЕТОДОМ ПЕРЕБОРА

*Бабкин И.А., студент 1-го курса 1 группы магистратуры ИИЭСМ
Научный руководитель – Ключко А.К., доц., к.т.н.*

В данной работе были применены СП 50.13330.2012 и СП 131.13330.2012 для определения расчетных параметров климата и конструкции. Была поставлена задача: используя суммарную электрическую мощность, выделенную для отопления загородного дома, вычислить эффективную толщину тепловой изоляции для наружных ограждений, учитывая тепловые потери через пол, чердачное перекрытие, окна и двери, а также узнать, количество вариантов утепления вычисленной толщины и оптимальные затраты.

Таблица 1

Наименование документа	$Z_{оп}$	$t_{оп}^{ср}$	$t_{в}$	$t_{оп}^p$	ГСОП	Термич. сопротивл. теплопередаче			
	сут	°C	°C	°C		°C·сут	$R_{нс}$	$R_{бч}$	$R_{ч}$
Строительная климатология	205	-2,2	18	-25	4141	3,17	4,74	4,18	0,53

В данной работе был принят гостевой дом, расположенный на дачном участке в городе Москва, в котором предусмотрены два типа окон и один тип входных дверей.

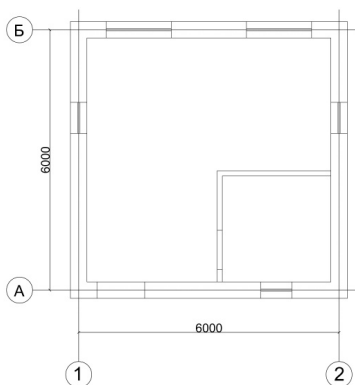


Рис. 1. План гостевого дома

В качестве тепловой изоляции была выбрана базальтовая вата Технониколь серии Технофас Оптима, представленная стандартными типоразмерами (табл. 2). Данный теплоизоляционный материал выполнен на основе волокон базальтовых горных пород. Изоляция представляет собой плиты,

которые отлично держат форму в течение многих десятков лет. Они состоят из прессованного минерального волокна, частички которого соединены между собой с помощью синтетического связующего с небольшим процентом органики. Такая структура минеральной плиты делает ее прочной, способной сохранять тепло и изолировать шум. Цены приняты согласно сайту <https://shop.tn.ru>.

Таблица 2

Длина	Ширина	Толщина	шт/уп	м ² /уп	м ³ /уп	руб/уп	руб/м ³
1200	600	50	6	4,32	0,22	1 067	5 335
1200	600	60	4	2,88	0,17	854	5 124
1200	600	70	3	2,16	0,15	747	5 229
1200	600	80	3	2,16	0,17	854	5 124
1200	600	90	2	1,44	0,19	960	5 760
1200	600	100	3	2,16	0,22	1 067	5 335

Выбран состав ограждающей конструкции, составленный из четырех слоев (табл. 3). Вычислены тепловые потери через окна (табл. 4).

Таблица 3

№ п/п	Наименование слоя	δ, м	λ, Вт/м·°С	R _{сл.} , м ² ·°С/Вт
1	Штукатурка	0,02	0,7	0,0286
2	Плита из мин. ваты Технониколь Технофас Оптима	?	0,04	?
3	Пеноблок д1100	0,34	0,04	0,882
4	Штукатурка	0,02	0,7	0,0286

Таблица 4

Окна	Тип1: 1500x1200	Тип2: 715x690
P, м	5,4	2,81
S, м ²	1,8	0,49
N, шт	2	3
∑S, м ²	3,6	1,47
∑So, м ²	5,07	

$$Q_{ок} = KF\Delta t = \frac{F\Delta t}{R} = \frac{5,07 \cdot (22 - (-25))}{0,53} = 449,6 \text{ Вт} = 0,4496 \text{ кВт}$$

Вычислены тепловые потери через двери (табл. 5):

Таблица 5

Двери	Тип1: 685x2050
P, м	5,47
S, м ²	1,404
N, шт	1

$$R_{дв} = 0,6R_{к.с.}^{ст} = 0,6 \cdot 3,17 = 1,902 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$Q_{дв} = KF\Delta t = \frac{F\Delta t}{R} = \frac{1,404 \cdot (22 - (-25))}{1,902} = 34,7 \text{ Вт} = 0,0347 \text{ кВт.}$$

Тепловые потери через пол:

$$R_{дос} = \frac{0,032}{0,15} = 0,21 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$R_{ут} = \frac{0,09}{0,04} = 2,25 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$R_{деп} = \frac{0,0105}{0,15} = 0,07 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$\Sigma R = 0,21 + 2,25 + 0,07 = 2,53 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$n = 0,6$$

$$Q_{пол} = KF\Delta t n = \frac{F\Delta t n}{R} = \frac{36 \cdot (22 - (-25)) \cdot 0,6}{2,53} = 400,74 \text{ Вт} = 0,401 \text{ кВт.}$$

Тепловые потери через чердачное перекрытие:

$$R_{дос} = \frac{0,032}{0,15} = 0,21 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$R_{ут} = \frac{0,09}{0,04} = 2,25 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$\Sigma R = 0,21 + 2,25 + 0,21 = 2,68 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$n = 0,9$$

$$Q_{ч} = KF\Delta t n = \frac{F\Delta t n}{R} = \frac{36 \cdot (22 - (-25)) \cdot 0,9}{2,68} = 568,92 \text{ Вт} = 0,569 \text{ кВт.}$$

Вычисление тепловых потерь через наружные ограждения:

$N_{расч} = 2 \text{ кВт}$ – суммарная электрическая мощность на отопление дома.

$$Q_{ст} = N_{расч} - Q_{ок} - Q_{дв} - Q_{пол} - Q_{ч} = 2 - 0,4496 - 0,0347 - 0,401 - 0,569 = 0,546 \text{ кВт} = 546 \text{ Вт};$$

$$\beta = 1,1;$$

$$Q_{ст} = KF\Delta t\beta = \frac{F\Delta t\beta}{R_o};$$

$$R_o = \frac{F\Delta t\beta}{Q_{ст}} = \frac{(3,3 \cdot 6 \cdot 4 - 5,07 - 1,404) \cdot 47 \cdot 1,1}{546} = 6,886 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$R_{ут} = R_o - R_{шт} - R_{пб} - R_{шт} = 6,886 - 0,0286 - 0,882 - 0,0286 = 5,947 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$R_{ут} = \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}};$$

$$\delta_{ут} = R_{ут} \cdot \lambda_{ут} = 5,947 \cdot 0,04 = 0,238 \text{ м} - \text{округляем в большую сторону};$$

$$\delta_{ут} = 0,240 \text{ м} = 240 \text{ мм} - \text{эффективная толщина тепловой изоляции.}$$

Расчетная толщина теплоизоляции больше, чем толщина плиты утеплителя стандартного типоразмера, следовательно, ее можно собрать из нескольких слоев.

Определение возможного количества слоев, чтобы собрать тепловую изоляцию нужной толщины.

Из рисунка 2 мы видим, что утеплитель толщиной 240 мм можно собрать из *трех* или *четырёх* слоев.

Проверяем: типоразмеры толщиной 50; 60; 70; 80; 90; 100 мм.

$$50 (\delta_{\min}) \leq \delta_i \leq 100 (\delta_{\max});$$

$$n_{\min} = \frac{\delta}{\delta_{\max}} = \frac{240}{100} = 2,4 \approx 3 \text{ слоя} \rightarrow \text{округляем в большую сторону};$$

$$n_{\max} = \frac{\delta}{\delta_{\min}} = \frac{240}{50} = 4,8 \approx 4 \text{ слоя} \rightarrow \text{округляем в меньшую сторону}.$$

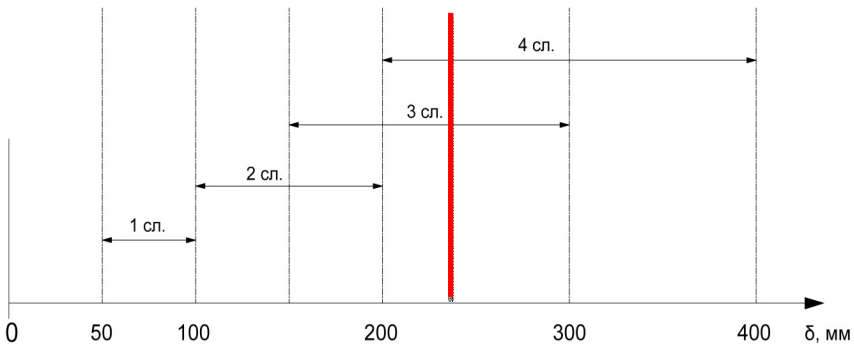


Рис. 2. Схема определения количества возможных слоев для составления теплоизоляции расчетной толщины

Методом перебора определяем все возможные варианты составления расчетной толщины тепловой изоляции из плит стандартных типоразмеров. Вычисляем оптимальные затраты на утепление здания (табл. 7). Площадь фасадов без учета площади окон и дверей равна 72,73 м².

Таблица 6

δ , мм	δ_1 , мм	δ_2 , мм	δ_3 , мм	δ_4 , мм
240	50	90	100	
	60	80	100	
	60	90	90	
	70	70	100	
	70	80	90	
	80	80	80	
	50	50	50	90
	50	50	60	80
	50	50	70	70
	50	60	60	70
	60	60	60	60

Таблица 7

δ , мм	№ п/п	δ_1 , мм	δ_2 , мм	δ_3 , мм	δ_4 , мм	P_1 , руб	P_2 , руб	P_3 , руб	P_4 , руб	$\sum P$, руб
240	1	50	90	100	-	19401	37703	38801	0	95905
	2	60	80	100	-	22360	29813	38801	0	90975
	3	60	90	90	-	22360	37703	37703	0	97767
	4	70	70	100	-	26621	26621	38801	0	92044
	5	70	80	90	-	26621	29813	37703	0	94138
	6	80	80	80	-	29813	29813	29813	0	89440
	7	50	50	50	90	19401	19401	19401	37703	95905
	8	50	50	60	80	19401	19401	22360	29813	90975
	9	50	50	70	70	19401	19401	26621	26621	92044
	10	50	60	60	70	19401	22360	22360	26621	90742
	11	60	60	60	60	22360	22360	22360	22360	89440
$\sum P_{\min}$, руб										89440

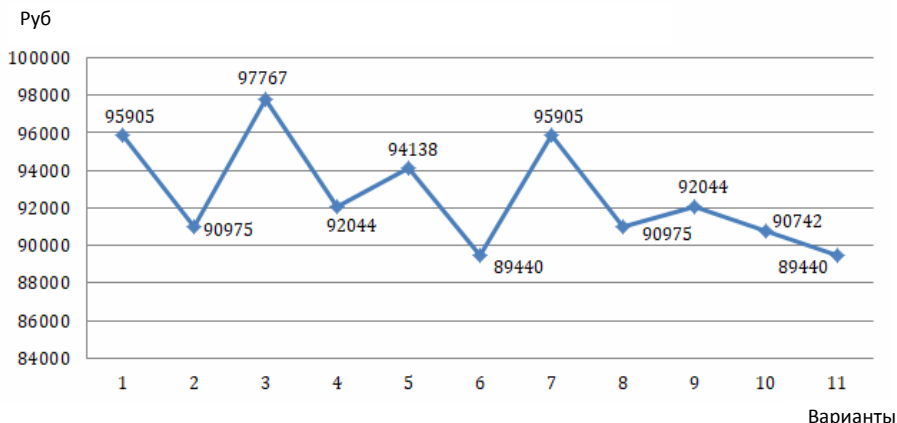


Рис. 3. Суммарные затраты на теплоизоляцию.

На основании расчетов можно сделать вывод, что оптимальные затраты на тепловую изоляцию здания получаются в двух вариантах составления слоев (четырёхслойная изоляция 4 x 60 мм и трёхслойная изоляция 3x80 мм) и составляют 89 440 рублей.

Как конечный результат выбираем трёхслойную тепловую изоляцию, так как для её монтажа требуется меньше трудозатрат, чем для монтажа четырёхслойной.

Библиографический список

1. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» (Приложение Е, Л).
2. СП 131.13330.2012 «Строительная климатология».
3. Малявина Е.Г. Теплотери здания – М.: Авок-Пресс, 2011.
4. Самарин О.Д. Современная ситуация с нормированием теплозащиты ограждающих конструкций и альтернативная концепция энергосбережения // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2006. № 2. С. 63-68.
5. Самарин О.Д. Влияние изменения параметров наружного климата на окупаемость энергосберегающих мероприятий // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2009. № 6. С. 43-48.
6. Ключко А.Р., Ключко А.К., Арутюнян Г.Р. К вопросу о необходимости адаптации норм проектирования г. Москвы к изменившимся климатическим условиям // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 4 (45). С. 149-160.
7. Самарин О.Д. Энергетический баланс гражданских зданий и возможные направления энергосбережения // Жилищное строительство. 2012. № 8. С. 2-4.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ТЕПЛОПРОВОДОВ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

*Балков Б.А., студент 4-го курса 21 группы ИИЭСМ
Научный руководитель – Усиков С.М., доц., к.т.н.*

Задачей инженера является применение наиболее оптимальных и экономичных конструктивных решений. Центральные системы водяного отопления состоят из трех основных элементов: источник теплоты, теплопроводы (трубы) и отопительный прибор [1].

Трубы системы водяного отопления могут изготавливаться из таких материалов как сталь (черная), медь, термопластик (полипропилен, сшитый полиэтилен), а также из нескольких материалов, как например металлопластиковые трубы. Выбор оптимального материала теплопроводов зависит от его эксплуатационных характеристик, конечной стоимости, сложностью выполнения монтажных работ и пр.

Одной из наиболее важных эксплуатационных характеристик труб, является температурное расширение. На рис. 1 представлена диаграмма величины температурного удлинения от типа материала, составленная согласно данным производителей и ГОСТам [2-7].

Из диаграммы видно, что наименьшим температурным удлинением обладает черная сталь, а наибольшим – сшитый полиэтилен.

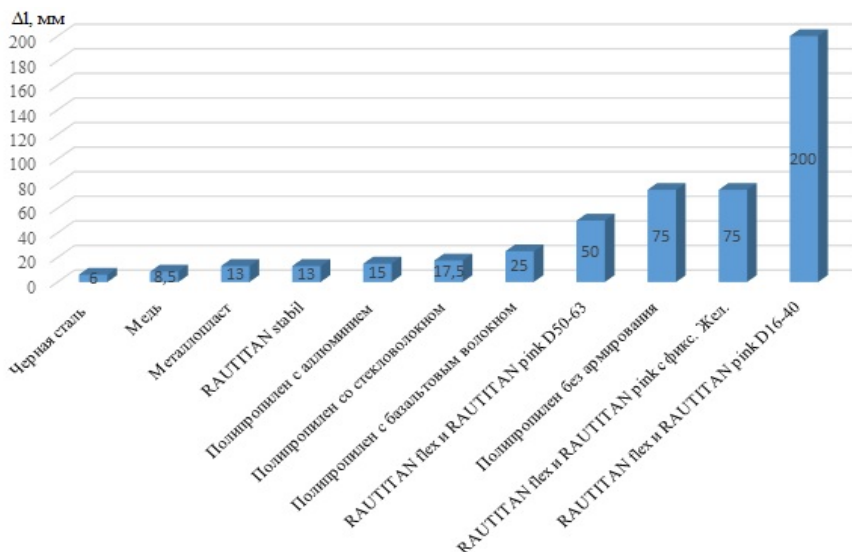


Рис. 1. Температурное удлинение труб из различных материалов при длине 10 м и увеличении температуры на 50 °С

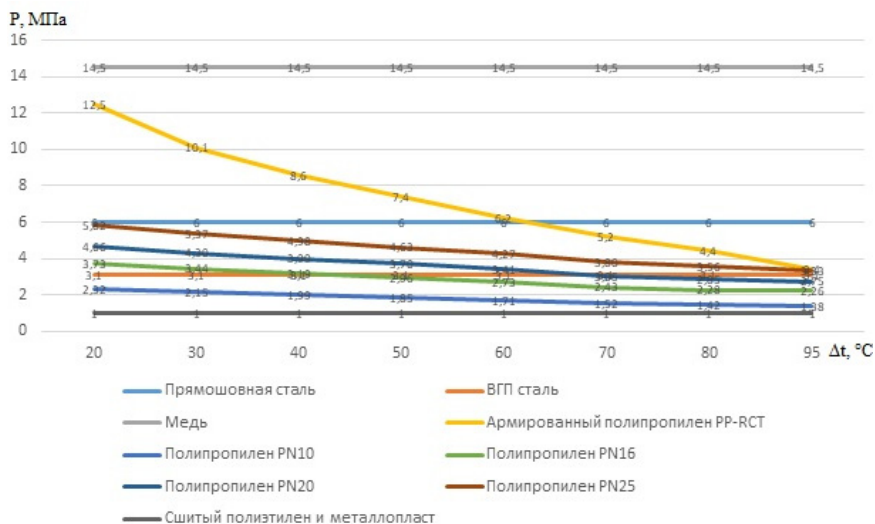


Рис. 2. Зависимость предельно допустимого давления, МПа, от температуры, °C, труб из различных материалов

Второй важной характеристикой является предельно допустимое давление в трубах. В случае с полипропиленом необходимо рассмотреть зависимость давления от температуры труб, поскольку эта характеристика для данного материала не постоянна. На рис. 2 представлен график данной зависимости. Из графика видно, что наибольшим предельно допустимым давлением обладает медь, а наименьшим – сшитый полиэтилен и металлопласт.

Также не менее важными эксплуатационными характеристиками труб системы водяного отопления являются:

1. Абсолютная шероховатость. Данный параметр влияет на потери давления в системе, и, как следствие, на выбор насоса, который в свою очередь сильно влияет на итоговую стоимость проекта [8]. Наибольшей шероховатостью обладает сталь, а наименьшей – полипропилен.

2. Защита от кислорода. Поскольку наличие кислорода в системе отопления может осложнять циркуляцию воды и приводить к интенсивной коррозии элементов, большинство современных теплопроводов непроницаемы для кислорода или имеют некий защитный слой. Исключением является полипропилен без армирования.

3. Работа с антифризами. Компоненты большинства современных теплопроводов при работе с антифризами не вступают с ними в реакцию, однако их использование при работе с трубами из сшитого полиэтилена может привести к повреждению трубопровода.

4. Стоимость. Наиболее дорогими материалами является медь и металлопласт, далее по убыванию цены идут сшитый полиэтилен, полипропилен и самым дешевым материалом является сталь.

Сводная таблица физико-технических характеристик теплопроводов

№	Материал	Коэффициент температурного удлинения, α	Абсолютная шероховатость, Δz, мм	Рабочее давление, МПа	Защита от кислорода	Работает с антифризами	Сравнительная ценовая политика ведущих производителей по 5-бальной шкале	Простота монтажа по 5-бальной шкале
Металлы/сталь:								
1	ВГП сталь	0,012	0,05	2,4 - 3,1	Стальное тубы неопищаемая для газов, в том числе и для кислорода	+	1	1 - 3
2	Прямшовная сталь	0,012	0,03	6	Стальное тубы неопищаемая для газов, в том числе и для кислорода	+	1+	1 - 3
3	Мель	0,017	0,005	11,5	Мельное тубы неопищаемая для газов, в том числе и для кислорода	+	5+	1 - 4+
Термопласты:								
4	Металлопласт	0,026	0,007	1,0	Антикислородный барьер EVOX	+	5	4
5	Полипропилен без армирования	0,15	0,003 - 0,005	1,38 - 3,33	-	+	2	5
6	Полипропилен с алюминием	0,03	0,003 - 0,005	3,7	Кислороднепроницаемая за счет слоя алюминия	+	3-	5
7	Полипропилен со стекловолокном	0,035	0,003 - 0,005	3,7	Кислороднепроницаемая за счет слоя 100% кислородного барьера	+	3	5
8	Полипропилен с базальтовым волокном	0,05	0,003 - 0,005	3,7	Кислороднепроницаемая за счет слоя 100% кислородного барьера	+	3+	5
9	Сш. Полнэтилен RAUTITAN stabil	0,026	0,007	1,0	Кислороднепроницаемая за счет слоя алюминия	Использование антифризов, антифризов и других порошков добавок к теплоносителю может привести к повреждению трубопровода. Для избежания получения повреждений от прокаливания и отравля эксплуатации REHAU	4+	5+
10	Сш. Полнэтилен RAUTITAN flex и RAUTITAN pink	средний коэффициент температурного удлинения при прокладке с фиксирующим желобом		1,0	Изготовлены из материала RAU-TE-Ma с кислороднепроницаемым защитным слоем	Ма с кислороднепроницаемым защитным слоем	4	5+
	Ø16-40	0,15	0,007					
	Ø50 и Ø63	0,4						
		0,1						

5. Простота монтажа. Самыми простыми в монтаже являются трубы из сшитого полиэтилена и полипропилена. Сложность монтажа стальных и медных труб зависит от выбранного способа соединения – резьбовое (пресовое) или сварное (пайка). При сварном соединении необходимо использование более сложного оборудования, поэтому сборка трубопроводов из стали и меди на сварных (паянных) соединениях является наиболее трудоемкой и дорогостоящей.

Все вышеперечисленные параметры сведены в табл. 1.

На основании полученных результатов проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Для центральных классических систем водяного отопления (стояковых, большой высотности) имеют преимущество трубы с высоким рабочим давлением, прочностью и низким температурным удлинением. Наиболее эффективными являются трубы из меди или стали.

2. При проектировании систем с индивидуальным теплоснабжением зачастую рабочее давление не превышает 2 атм., поэтому наиболее целесообразно использовать трубы с лучшим сочетанием «цена-качество» – сшитый полиэтилен. Данный материал предоставит достаточный уровень надежности, а также избавит от проблем с коррозией, но требует взвешенного выбора при использовании в совокупности с антифризом.

В целях удешевления проекта можно принять полипропиленовые трубы, но поскольку в коттеджном строительстве зачастую пользуются температурным графиком до 80°C, данный материал не является фаворитом. Однако полипропилен может быть использован в совокупности с разнообразными антифризами, а также обладает самой низкой шероховатостью, что позволит свести потери давления к минимуму и поставить маломощный циркуляционный насос.

Библиографический список

1. Махов Л.М. Отопление: учебник для вузов – М.: Изд-во АСВ, 2014.
2. ГОСТ 3262-75. Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия. М.: Издательство стандартов, 1976.
3. ГОСТ 8732-78*. Трубы стальные бесшовные горячедетформированные. М.: Издательство стандартов, 1998.
4. ГОСТ 10704-91. Трубы электросварные прямошовные. М.: Министерство металлургии ССР, 1991.
5. Техническая информация. Радиаторное и напольное отопление. М.: изд-во организации RENAУ, 2015.
6. Медная труба для трубопроводных систем внутри зданий. – М.: Изд-во организации KME Germany, 2013.
7. Система Ekoplastik PPR. Инструкция по монтажу. Căeská republika: WAVIN Ekoplastik s.r.o., 2006.
8. Усиков С.М. Гидравлический режим работы системы водяного отопления при автоматическом регулировании: дисс. ... канд. техн. наук. М., 2016. 180 с.

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ КЛИМАТИЗАЦИИ МУЗЕЙНЫХ КОМПЛЕКСОВ

*Борисова В.А., аспирант 1-го курса ИИЭСМ
Научный руководитель – Саргсян С.В., доц., к.т.н.*

Сохранение музейных коллекций, обеспечение их долголетней сохранности – сложная задача, основное направление решения которой – создание оптимальных условий хранения, или «музейного микроклимата».

Конечно же, не всегда реставраторы способны справиться с разрушениями, тем более, что при этом неизбежны вмешательства в материальную и художественную структуру оригинала. Поэтому обеспечение благоприятного микроклимата для сохранения культурного наследия остаётся главной задачей на сегодняшний день. Сложность этой проблемы связана с необходимостью создания оптимальных параметров внутреннего воздуха как для экспонатов различного типа (картины, скульптуры, книги, предметы быта и посуда и т. п.), так и для посетителей музеев [1].

Как показывает практика, температуру и влажность воздуха относят к числу основных климатических факторов, определяющих скорость физико-химического и физико-механического старения музейных экспонатов. Оптимизация температурно-влажностного режима является основным вопросом музейной климатологии, так как воздействие данных факторов при длительном хранении существенно сказывается на материалах [2].

Для подтверждения сказанного ниже приведены конкретные примеры влияния этих факторов свойства материалов.

Температура воздушной среды.

Все материалы обладают определенными (оптимальными) внутренними напряжениями, характерными именно для их структуры. Изменение температуры внутреннего воздуха приводит к линейным и объемным изменениям этих структур, что вызывает образование дополнительных напряжений между слоями. При достижении критических значений напряжений происходит разрыв структуры.

Первоначально подобному разрушению подвергаются масляная и темперная живопись, а также деревянные и бумажные экспонаты, состоящие из гигроскопических материалов и являющиеся многослойными предметами с различной структурой. Возрастание температуры воздуха, способствует ускорению химических и биохимических процессов, оказывает влияние на влагосодержание материалов, что ускоряет их старение. При быстром изменении температур возрастают разрушительные усилия. В данном случае возникают внутренние напряжения, по своему характеру близкие к динамическим усилиям.

Понижение температуры окружающей среды ниже отрицательной величины не допускается. В этом случае происходит фазовое изменение влаги, то есть она превращается в лед, что приводит к механическому разрыву

материала. Неравномерность температурных полей в помещении значительного объёма, при размещении в нем крупногабаритных экспонатов, также оказывает разрушительное действие. Изменения оптимального температурного режима нарушает еще и пористо-капиллярную структуру материала, что приводит к его увлажнению или осушке [2].

Влажность воздуха.

Длительное хранение экспонатов в определенной температурно-влажностной среде приводит к равновесному влагосодержанию материалов, используемых для изготовления данных экспонатов, то есть к состоянию, когда процессы поглощения (сорбции) или отдачи (десорбции) влаги материалом практически затухают.

Эти процессы, при нарушении температурно-влажностного режима, возобновляются, способствуя тем самым нарушению равновесного состояния влажности экспонатов, что приводит к негативным явлениям, таким как: изменение структурного состояния материала, вызывающее гашенные и объемные деформации [2].

Переувлажнение экспонатов, влечет ускоренное старение материала и обесцвечивание красок, в то время как содержащиеся в воздушной среде сернистый газ SO_2 , аммиак NH_3 , сернистый водород H_2S , сорбируемые материалами совместно с водяными парами, превращаются в соответствующие кислоты, которые способны разрушать материалы экспонатов.

Пересушка гигроскопических материалов может привести к нарушению пластичности и вызывать их растрескивание, коробление, расслоение и другие разрушительные явления.

Подвижность воздуха.

При высокой подвижности воздушных потоков у поверхностей экспонатов, нарушается структура верхних слоев, в первую очередь это касается живописи и графики, а также форсируется тепловлажностный обмен с окружающей средой.

При незначительной подвижности воздуха, образуются неветилируемые зоны с застойным воздухом, особенно при сложном архитектурно-строительном объёме или наличии многочисленных перегородок и оборудования в помещениях [2].

Однако решить вышеуказанную проблему будет невозможно, если не знать нормативных значений, то есть допустимых и оптимальных параметров микроклимата, обеспечивающих качественное хранение музейных реликвий.

Параметры внутреннего микроклимата помещений музейного назначения.

При хранении и экспонировании музейных коллекций в помещениях, как правило, нормируются следующие климатические параметры: температура воздуха (t , °C); относительная влажность воздуха (ϕ , %); скорость движения воздушных потоков (v , м/с); допустимые амплитуды колебаний температуры и влажности воздуха [3, 4].

В свою очередь, следует различать понятия «допустимые» и «оптимальные» значения параметров температуры и относительной влажности.

Если в диапазоне «допустимых» значений влажности не происходит существенного разрушения материалов, то при достижении нижней границы допустимого диапазона относительной влажности ($\phi = 40\%$) начинает происходить обезвоживание материала, вызывающего деструкцию с ускоренным старением. Верхняя граница относительной влажности воздуха соответствует 65% , выше которого происходит развитие микроорганизмов в связи с излишней влажностью материалов [3, 4].

Что же касается понятия «оптимальный» или «безопасный» диапазон воздушных параметров, то его границы лежат в границах диапазона допустимых значений. Это именно тот случай, когда соотношение параметров температуры и относительной влажности, обеспечивают стабильность воздушной среды и постоянство влагосодержания материалов, что является важным условием для их сохранения.

Удовлетворительные условия хранения обеспечиваются максимальным приближением значений температуры и относительной влажности к «оптимальным».

Определяется допустимый диапазон температур, учитывая физико-химические свойства материалов и конкретные условия музея, включающие в себя: режим работы, архитектурно-планировочные и технические характеристики здания, оснащения его системой обеспечения температурно-влажностного режима, климатических условий местности и присутствия посетителей.

Нижняя граница допустимых значений температур составляет $t = 15^{\circ}\text{C}$, верхняя граница $t = 24^{\circ}\text{C}$. Отклонения от указанных параметров в сторону увеличения верхних значений и уменьшения нижних ведет к ускорению процессов старения [2].

Допустимый диапазон значений воздушных параметров в музее:

- температура воздуха $t = 15-24^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность воздуха $\phi = 40-65\%$.

Оптимальные воздушные параметры:

- температура воздуха $t = 18 \pm 1^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность воздуха $\phi = 50 \pm 5\%$.

Скорость воздушных потоков в помещениях, где размещаются экспонаты (рабочая зона) не должна превышать $0,1-0,15$ м/сек.

Из выше изложенного можно сделать вывод, что главным фактором обеспечения сохранности шедевров является поддержание стабильного режима с параметрами внутреннего воздуха, как правило, 20°C и 50% относительной влажности с ограничением амплитуды колебаний не более $\pm 1^{\circ}\text{C}$ и $\pm 2,5\%$. Точность поддержания параметров температурно-влажностного режима в помещениях музея в среднем составляет $\pm 2^{\circ}\text{C}$ по температуре и $\pm 5\%$ по влажности за сутки. При этом очень важно избежать микроклиматических колебаний, которые влекут за собой порчу музейных экспонатов [1, 3, 4, 5, 6].

Принципы формирования воздушно-теплого режима в помещениях музейного комплекса.

Воздушно-тепловой режим определяется строительно-конструктивными приемами и архитектурно-планировочными решениями внутреннего пространства здания. Например, в зданиях дворцового типа на характер воздухообмена специфическое влияние оказывает внутренняя планировка с длинными анфиладами комнат, большими размерами помещений, значительной площадью остекления, способствующей в жаркое время года повышению, а в зимнее – понижению температуры в залах.

Причинами повышения влажности конструкций могут быть: грунтовая влага, поднимающаяся по порам строительных материалов на высоту 10-12 м из-за нарушения горизонтальной гидроизоляции вертикальных конструкций; верхние воды, увлажняющие нижнюю часть наружных стен из-за нарушения или отсутствия отмосток вокруг здания; атмосферные осадки, увлажняющие конструкции в результате разрушения кровли, карнизов, наружного водоотвода, сливов оконных проемов и поясков; увлажнение конденсационной влагой вокруг оконных и дверных проемов из-за нарушения плотности притворов их заполнения; повышенная сорбционная влажность конструкций [1].

При этом от теплофизических свойств и теплопоглощающей способности строительных материалов, составляющих ограждающие конструкции здания, зависят скорость и интенсивность проникновения в помещения наружного воздуха, а также сезонные и суточные колебания температуры и влаги [2].

Площадь остекления (что имеет место в современных зданиях) также влияет на температурный режим, причем во все времена года. В теплый период года необходимо принимать различные меры по солнцезащите. В холодный период года фильтрация воздуха приводит к снижению температуры внутреннего воздуха в помещении. Относительно низкая температура на поверхности остекления и повышенная скорость воздушных потоков приводит к образованию дискомфортной зоны в районе оконных проемов, что не позволяет использовать эту зону для экспозиции.

Освещение также оказывает значительное влияние на сохранность шедевров. В зависимости от свойств материалов экспонаты разделяют на светостойкие (гипс, стекло, металл, камень и другие) и подверженные негативному влиянию света (в меньшей степени – масляная живопись, в большей – ткани, мех, акварель, бумага) [7].

Что касается картин, как плохая, так и чрезмерная освещённость помещения может стать причиной повреждения живописи. Если света недостаточно, краски картин заметно темнеют, быстрее размножаются различные вредители, портящие холст [2].

Чрезмерно яркий свет наносит картинам не меньший вред, чем перепады температуры и влажности. Естественный и искусственный свет могут стать причиной видимых и невидимых разрушений живописи. Большой вред наносит экспонатам прямой солнечный свет из-за ультрафиолетового излу-

чения. Спектральный состав люминесцентных ламп приближается к дневному свету, поэтому они тоже представляют опасность для музейных ценностей. Обычные лампы накаливания не оказывают пагубного влияния на живопись, так как их спектр на 80% состоит из инфракрасного излучения [7].

Процесс выгорания напрямую зависит от уровня влажности в помещении. Если воздух в музее сухой, то даже при сильном солнечном облучении выгорание экспонатов не будет столь интенсивным, как в условиях сильно повышенной влажности [7].

Для сохранности экспонатов чистота воздуха играет так же немало важную роль. Загрязняющие газы, особенно в воздухе крупных городов, проникая в музейное помещение, наносят разрушающий вред и вызывают «преждевременное старение» экспонатов. Так же кроме газов с приточным воздухом в здание музея могут попадать и другие загрязнители, такие как сажа, пыль и дым, являющиеся средой для развития различных вредителей и оказывающие влияние на изменение влажностного режима [7].

Воздушно-тепловой режим зависит от того, как и какими способами создается и поддерживается определенные параметры воздуха.

Анализ технических средств обеспечения микроклимата в музеях.

Анализ музейных комплексов, с точки зрения состояния микроклимата и обеспечивающих его систем, позволил установить, что около 78% зданий музеев оборудованы системами центрального водяного отопления, 8,4%, имеют механическую приточно-вытяжную вентиляцию и 63% не имеют никакой системы организованного воздухообмена. Установками кондиционирования воздуха оборудованы лишь единичные музеи.

В ряде случаев правильно запроектированная система водяного отопления и приточно-вытяжной вентиляции может обеспечить вполне нормальный режим для сохранности музейных экспонатов [2].

Учитывая разнообразие архитектурных и конструктивных решений, а также типов представленных музейных коллекций, для каждого помещения музейного комплекса необходимо разрабатывать индивидуальные схемы систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в соответствии с технологическими требованиями.

Большинство музейных комплексов имеют центральную систему водяного отопления. В настоящее время почти нигде не функционирует печное отопление, которым были раньше оборудованы дворцы, палаты и другие здания [4].

В зданиях, оборудованных печным отоплением, в толще стен, параллельно с дымоходами прокладывались каналы вытяжной вентиляции. После замены печного отопления центральным водяным, такое простое вентиляционное устройство было лишено важного составного звена, и естественный организованный воздухообмен в здании оказался нарушенным.

Новые здания, строившиеся в 1900-1910 годы специально для музеев, сразу оборудовались центральными двухтрубными системами водяного отопления. Такие системы работали с естественной циркулирующей теплоно-

сителя и имели верхнюю разводку подающих магистралей. При этом значительная часть музеев ещё отапливается собственными котельными или котельными, общими с другими зданиями [2].

Однако следует иметь в виду, что раннее прекращение подачи тепла весной ведет к быстрому и резкому подъёму относительной влажности в помещениях, осенью при включении системы отопления – обратное явление, во время отопительного сезона – низкие значения относительной влажности воздуха.

Все музеи, за редким исключением, оборудованы чугунными секционными отопительными приборами, которые обычно установлены в глубоких нишах под окнами и закрыты декоративными экранами. При этом довольно часто экран смонтирован неправильно: он закрывает все пространство ниши от пола до подоконника и нарушает, таким образом, естественную циркуляцию воздуха.

Главным же недостатком этих систем является невозможность создания равномерного температурного режима во всем объёме здания (с учетом возможных тепловых возбуждений от посетителей, солнечной радиации, освещения) вследствие отсутствия регулировки подачи тепла. Это же является причиной повышенной температуры воздуха в залах во время отопительного сезона, а в некоторых случаях – недостаточного обогрева музейных помещений [2].

Выбор схемы воздухообмена является актуальной задачей, в основном предпочтение отдается вытесняющей вентиляции. Так же причиной значительных расходов приточного и удаляемого воздуха (кратности воздухообмена в экспозиционных залах составляет более 6) является ограничение рабочей области допустимых текущих параметров внутреннего воздуха [7]. Чаще всего музеи располагаются в исторических зданиях, представляющих собой памятники архитектуры, что приводит к ограничению прокладки воздуховодов, инженерных систем и размещения дополнительного инженерного оборудования. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха помещений выставочного комплекса проектируются с рециркуляцией, при этом объем наружного воздуха в общем объеме приточного воздуха составляет, как правило, 20 %, но не менее объема, необходимого по действующим санитарным нормам. Оборудование для экспозиционных помещений должно иметь 100 % резервирование, или каждое помещение предусмотрено обслуживать как минимум двумя приточно-вытяжными установками, чтобы обеспечить необходимую надежность систем кондиционирования [4, 5, 7].

Квалифицированная реставрация и кондиционирование воздуха позволяют если не остановить, то хотя бы затормозить процесс старения произведений искусства. Во дворцах, замках и старых музейных комплексах все чаще прибегают к монтажу установок кондиционирования воздуха, создающих подходящий микроклимат для экспонатов и определенный комфорт для посетителей. Установки кондиционирования воздуха должны обеспечивать нагрев, охлаждение, увлажнение и осушку, а также очистку

воздуха, поступающего в помещения. Для небольших залов предусмотрены круглосуточно работающие кондиционеры, использующие наружный и циркуляционный воздух. Системы кондиционирования нужно применять первого класса с коэффициентом необеспеченности не ниже 0,98 или необеспеченностью заданных параметров не более 100 часов в год [4, 8].

Таким образом, защита коллекций предметов культуры и истории, а также зданий, в которых хранятся эти экспонаты, требует комплексного подхода к обеспечению необходимой температуры и относительной влажности внутри здания [6].

В настоящее время отсутствуют нормативно-методические документы для обеспечения благоприятного микроклимата помещений музейного назначения, направленные на применение энергоэффективного надежного оборудования и современных технологий.

Применение комплексного подхода, учитывающего потребности самого здания, а также потребности музейной коллекции, может значительно уменьшить разрушение экспонатов и зданий, что устанавливает также важность контроля надежности и эффективности систем здания, поддерживающих условия внутренней среды.

Библиографический список

1. Томсон Г. Музейный климат. – СПб.: Скифия, 2005. – Режим доступа: http://www.skifiabook.ru/store/kultura-iskusstvo-muzyka/item_151.html, свободный
2. Девина Р.А., Бредняков А.Г., Душкина Л.И., Ребрикова Н.Л., Зайцева Г.А. Музейное хранение художественных ценностей: Практ. пособие. М.: ГосНИИРеставрации, 1995. – 204 с. – Режим доступа: <http://www.gosniir.ru/library/guides/museum-storage.aspx>, свободный
3. ГОСТ 7.50-90 «Консервация документов. Общие требования». М.: Изд. Стандартов, 1990.
4. СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». М., 2012.
5. Стандарт АВОК 1-2002 «Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена». М., 2002.
6. Mecklenburg M., Tumosa C., Pride A. Требования к параметрам микроклимата исторических музейных зданий / Перевод с английского Л.И. Баранова. 2004. – Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2606, свободный
7. Болотов Е.Н. Сохранить наследие: микроклимат музеев. – Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6835, свободный.
8. Тарабанов М.Г. Кондиционирование воздуха. Ч. 1. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2015.

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМЫХ ПРОЕМОВ В НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЯХ ЗДАНИЙ

*Кравчук В.Ю., аспирант 4-го курса кафедры ТГВ
Научный руководитель – Рымаров А. Г., доц., к.т.н.*

Недостаточность воздухообмена, создаваемого при фильтрации воздуха через неплотности ограждающих конструкций в зданиях с системами естественной вентиляции, является известной проблемой. Существует ряд инженерных решений, позволяющих повысить воздухообмен. К таким решениям относится применение приточных клапанов, использование технологии рекуперации теплового потока в окнах и наружных ограждениях, применение вентилируемых пористых вставок, частичная механизация естественных систем и ряд других мероприятий. Вопросы эксплуатации вентилируемых вставок в наружных стенах здания при движении через них вентиляционного воздуха уже поднимались в материалах некоторых авторов [1-5], но до сих пор не были решены в окончательном виде.

Необходимость создания проема с пористым наполнением продиктована санитарными требованиями к приточному воздуху на входе его в рабочую зону помещения. Так, например, при использовании приточного клапана, может возникать струя холодного воздуха, имеющая недопустимую температуру и подвижность на входе в рабочую зону [6]. При этом уменьшение расхода воздуха в струе снижает воздухообмен до недопустимо малых значений. Применение заполненного пористой средой проема, позволяет создать равномерное поле небольших скоростей приточного воздуха и нагреть его до нормативной температуры перед подачей в помещение.

Так как любое вмешательство в конструкцию наружных ограждений нарушает тепловую защиту здания, то приточно-вытяжные устройства следует рассмотреть, как теплопроводные включения и попытаться применить к ним требования нормативных документов. Современная методика учета теплопроводных включений представлена в СП 50.13330.2012 и разработана В. Г. Гагариным и В. В. Козловым [7]. В соответствии с этой методикой все теплопроводные включения рассматриваются как точечные, линейные или плоские элементы с конкретными геометрическими характеристиками и удельными тепловыми потоками. При использовании этого метода приточно-вытяжное устройство не рассматривается как плоский элемент, так как является, по сути, частью вентиляционной системы, аналогичной открытому окну. Условно считается, что нелинейное поведение температурного поля вблизи периметра устройства возникает только из-за наличия стыка сквозного проема и ограждения, который рассматривается как линейный элемент. Угловые точки периметра устройства рассматриваются как точечные элементы. Для расчета удельных тепловых потоков теплопроводного включения (по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий») необходимо выполнить температурный расчет этого включения, располо-

женного в наружном ограждении. Поэтому в рамках исследования было выполнено физико-математическое моделирование температурного режима наружной стены при одновременной фильтрации воздуха в устройстве. Результаты расчета представлены на рис. 1. На основании расчета были определены удельные тепловые потоки для приточно-вытяжных устройств, что сделало возможным их учет по современным нормам.

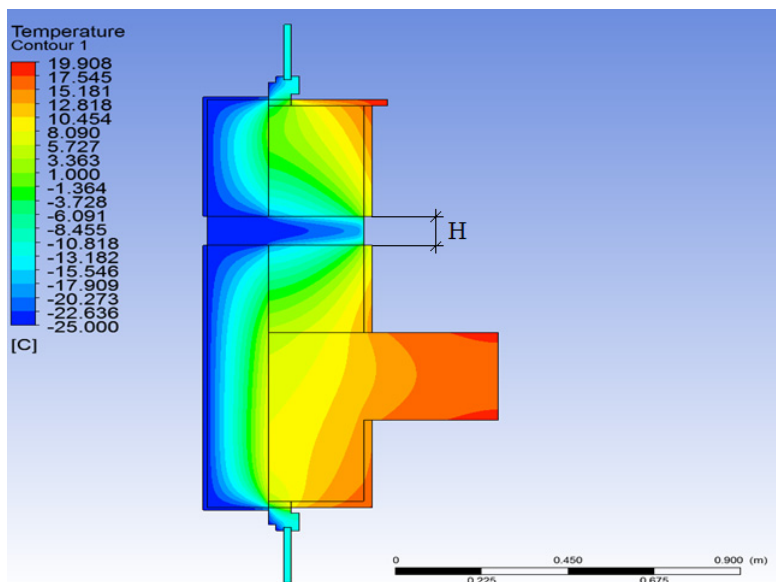


Рис. 1. Моделирование температурного поля наружного ограждения при одновременной фильтрации холодного воздуха в приточно-вытяжном устройстве.

Известно, что требования к тепловой защите имеют два условия к ограждающим конструкциям: санитарно-гигиеническое и энергосберегающее. Санитарно-гигиеническое ограничивает температуру на внутренней поверхности ограждения температурой точки росы, а энергосберегающее требование ограничивает тепловой поток. С целью учесть санитарно-гигиеническое требование был выполнен многопараметрический расчет, в котором изменялись размеры приточно-вытяжного устройства и скорости движения воздуха в порах засыпки. По результатам моделирования для московского региона был построен график зависимости температуры внутренней поверхности ограждения от скорости движения воздуха в порах засыпки и высоты вставки (H).

На практике инженер, проектирующий систему реверсивной вентиляции, после всех выполненных расчетов столкнется с вопросом выбора заполнения воздухопроницаемого элемента. Невозможность подбора единственного типа заполнения для всех устройств объясняется изменчивостью

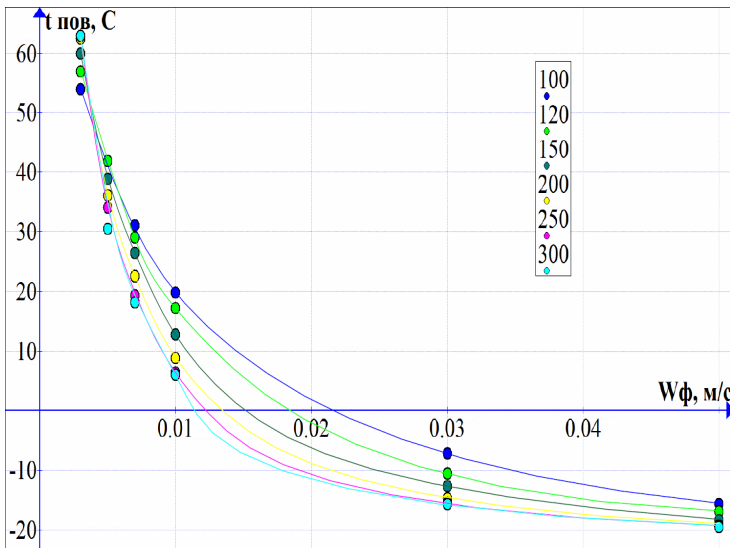


Рис. 2. График зависимости температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции от скорости движения воздуха в порах засыпки для московского региона. Легенда в правом верхнем углу задает соответствие линий графика с конкретными высотами вставки (H).

гидравлического режима засыпки при разных перепадах давления, которые сугубо индивидуальны для регионов, а также сильно зависят от этажности здания. Очевидно, что выбор материалов засыпок не может быть осуществлен без экспериментальной базы данных, содержащих информацию об их гидравлических характеристиках. Однако существует степенной закон фильтрации, применимость которого к крупнопористым засыпкам экспериментально обоснована выше, поэтому автор предлагает следующий алгоритм подбора материала для заполнения воздухопроницаемого элемента:

1. Для каждого этажа проектируемого объекта определяется располагаемое давление при температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 и температуре $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$.
2. Полученные давления откладываются по оси перепадов давлений в системе координат $\Delta P-L$ (рис. 3).
3. На ось объемных расходов воздуха наносится величина расхода ($100\text{ м}^3/\text{ч}$ на примере) через одно приточно-вытяжное устройство.
4. Из экспериментальной базы данных выбираются материалы, засыпки из которых имеют зависимость $\Delta P(L)$, проходящую через точку 1 (см. рисунок).
5. В случае если по пункту 4 подходящими являются несколько материалов, то выбирается тот, характеристика сопротивления которого будет наиболее крутой (красная линия на рисунке).

6. Расстояние s показывает максимальный объем воздуха, который придется регулировать клапаном в приточно-вытяжном устройстве.

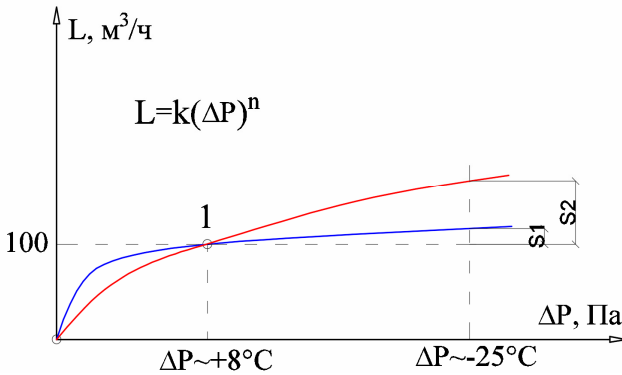


Рис. 3. Пример использования алгоритма по выбору заполнения воздухопроницаемого элемента.

Описанные действия представляют собой инженерную методику применения реверсивной вентиляции, которую можно коротко сформулировать в виде следующих пунктов:

1. Пользуясь графиком (рис. 2) определяют сочетание высоты засыпки и скорости движения воздуха в ее порах, при которых выполняется санитарное требование к тепловой защите.

2. По известной скорости воздуха в порах и требуемому объемному расходу, который должно обеспечивать устройство, определяют его площадь. По известной высоте вставки и ее площади определяют ширину приточно-вытяжного устройства.

3. Пользуясь элементарным методом расчета теплопроводных включений, представленным в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» определяют толщину утеплителя с учетом дополнительного теплового потока через приточно-вытяжное устройство рассчитанного размера.

4. По предложенному алгоритму определяют материал для засыпки и его необходимые гидравлические характеристики.

В рамках исследования был выполнен экономический расчет, в котором сравнивались традиционная система приточно-вытяжной вентиляции и система реверсивной вентиляции. Для расчета было принято 6-ти этажное здание административного назначения коридорного типа с рабочей площадью 3308 м^2 . Здание обслуживалось одной приточной и тремя вытяжными системами. Общий объемный расход приточного воздуха составил $17700 \text{ м}^3/\text{ч}$.

При определении капитальных и эксплуатационных затрат, помимо стоимости оборудования, учитывались также затраты на монтаж, тепловую и электрическую энергию, отчисления на восстановление систем, затраты

на капитальный, текущий ремонт и межремонтное обслуживание, а также зарплата обслуживающего персонала. По результатам экономического расчета было установлено, что использование системы реверсивной вентиляции почти на 25% более выгодно, по сравнению с традиционной приточно-вытяжной системой. Экономия средств при реверсивной вентиляции происходит за счет меньшей стоимости оборудования, а также за счет бездействия приточных установок в холодный период года и, соответственно, меньших затрат на обслуживание такой системы. Разница в энергетических затратах составила более 234 000 руб./год, из чего можно сделать вывод, что использование естественного режима работы системы вентиляции является эффективным энергосберегающим мероприятием.

Библиографический список

1. Беляев В.С. Применение пористых вставок в наружных ограждениях зданий // Теплотехнические качества и микроклимат крупнопанельных зданий: Сб. науч. Тр./ ЦНИИЭП жилища. М., 1976. Вып. 4. С. 63-71.
2. Валов В.А. Воздухопроницаемые ограждающие конструкции в системе здания // Вестник сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2011. №13. С. 33-37.
3. Пастушков П.П. Научный подход к теме «Дышащих стен» // Кровельные и изоляционные материалы. 2013. №4. С. 13-14.
4. Цвяк А.А. Разработка ограждающих конструкций с регулируемой воздухопроницаемостью: дисс. на соискание уч. степени к.т.н. / Омск. – 2004. – 136 с.
5. Максимова М.В. Прогнозирование запыления ограждающих конструкций зданий: дисс. на соискание уч. степени к.т.н. / Омск. – 2000. – 141 с.
6. Рымаров А.Г., Кравчук В.Ю. Исследование применения воздушных клапанов в квартире жилого здания в холодный период года // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2016. №12(180). С. 70-71.
7. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Теоретические предпосылки расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций // Строительные материалы. 2010. №12(672). С. 4-12.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА КОНСТРУКЦИИ ПОЛА ПО ГРУНТУ

*Михеева Е.А., аспирантка 3-го курса 34 группы ИИЭСМ
Научный руководитель – Малявина Е.Г., проф., к.т.н.*

Разработанная математическая модель нестационарного теплового режима конструкции пола, лежащего на грунте, является инструментом исследования теплопотерь через полы, обладающие конструктивными особенностями, которые не позволяют выполнить расчет теплопотерь стандартным методом «по зонам». Для расчета теплового режима конструкций пола, прилегающих к наружным стенам, необходимо учитывать влияние на них тепловых потоков, идущих как от помещения, так и от массива грунта, лежащего под зданием. Если температура помещения известна, то тепловое состояние грунта формируется в годовом режиме под воздействием годового и суточного изменения температуры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации. Несмотря на то, что для принятия нагрузки на систему отопления для возмещения теплопотерь через полы на грунте интересна максимальная величина теплопотерь, выявить их можно, проделав расчет теплового режима пола в течение года.

Вторым важным результатом расчета с использованием разработанной математической модели является получение температуры на поверхности пола, позволяющее судить о достаточности утепления пола.

Система дифференциальных уравнений одномерного температурного поля сухого грунта (постановка задачи)

Для математической модели выбран метод расчета уравнения теплопроводности в конечных разностях.

Задача нестационарного годового режима грунта базируется на дифференциальном уравнении теплопроводности в грунте (2.1), которое имеет вид:

$$c\rho \frac{\partial t}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda \frac{\partial t}{\partial x} \right], \quad z > 0; \quad (1)$$

где: c – удельная теплоемкость грунта, Дж/(кг·°С);

ρ – плотность грунта, кг/м³;

λ – коэффициент теплопроводности грунта, Вт/(м·°С);

x – расстояние по координате вглубь грунта, м;

z – время, с, имеющее начало отсчета;

$t(x, z)$ – температура, °С, в любой точке x по глубине грунта и в любой момент времени z от начала отсчета.

Начальным этапом решения поставленной задачи является расчет одномерного температурного поля грунта без учета влияния фазового перехода влаги в порах грунта при сезонном промерзании и оттаивании.

В граничных условиях на поверхности земли учитываются теплообмен наружной поверхности с наружным воздухом, поглощение теплоты солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность, и длинноволновое излучение в атмосферу Земли. Это граничное условие можно привести к более простому виду, если ввести условную температуру наружной среды:

$$t_{усл} = t_n + q_{c.p.} \cdot \frac{P}{\alpha_n} - \frac{\varepsilon \cdot q_{д.в.}}{\alpha_n}; \quad (2)$$

$$-\lambda \frac{\partial t}{\partial x} \Big|_{x=0} = \alpha_n (t_{усл} - t_{ног} \Big|_{x=0}); \quad x = 0; \quad z > 0 \quad (3)$$

На нижней границе рассматриваемого массива грунта принято отсутствие теплового потока.

$$-\lambda \frac{\partial t}{\partial x} \Big|_{x=H} = 0; \quad x = H, \quad z > 0, \quad (4)$$

где: t_n , $t_{усл}$ – известные изменяющиеся в течение года значения температуры наружного воздуха и условная наружной среды, °С;

$t_{ног}$ – неизвестная изменяющаяся в течение года температура поверхности грунта, °С;

α_n – коэффициент теплоотдачи на поверхности грунта, Вт/(м²·°С), может быть переменным в течение времени в зависимости от скорости ветра;

H – глубина рассматриваемого массива грунта;

$q_{c.p.}$ – интенсивность суммарной солнечной радиации, падающей на поверхность грунта, Вт/м²;

P – коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью грунта;

$q_{д.в.}$ – тепловой поток длинноволнового излучения с поверхности грунта в атмосферу Земли, Вт/м²;

ε – степень черноты излучающего тела. Для грунта, по рекомендациям [7], значение принимается равным 0,96.

Решение одномерной задачи в конечных разностях

Метод конечных разностей является наиболее хорошо разработанным и эффективным для решения уравнений теплопроводности [5]. Для решения задачи (1) введена неравномерная разностная сетка по координате x – Δx_i и равномерная по времени z – Δz . В общепринятыми в математике [6] положениями уравнение (1) представлено в конечно-разностном виде с обобщением коэффициентов при температурах на временном шаге k в рассматриваемом блоке i по координате x $t_{i,k}$, в соседних блоках $i - 1$ и $i + 1$: $t_{i-1,k}$, $t_{i+1,k}$. В таком же виде представлены граничные условия (3), (4).

Задача решена методом прогонки, который является наиболее рациональным для решения систем уравнений такого вида [1]. Данный метод заключается в последовательном определении на каждом временном шаге k прогоночных коэффициентов от поверхности пола до рассматриваемой границы массива грунта, на которой принято условие отсутствия теплового потока (3) – прямая прогонка. Затем, пользуясь известными значениями прогоночных коэффициентов в обратной последовательности определены значения температуры в каждом блоке i от нижнего рассматриваемого уровня массива грунта до верхней поверхности рассматриваемых конструкций.

Учет промерзания и оттаивания воды в грунте

Для учета процессов промерзания и оттаивания воды в грунте следует рассмотреть два уравнения теплопроводности: для грунта с водой в жидкой фазе и для грунта с замерзшей водой [3]. Так как процессы замерзания и оттаивания воды в грунте происходит постепенно во времени, то граница между талым и мерзлым грунтом в каждый момент времени не определена.

Решение задачи выполнено с использованием метода сглаживания коэффициентов [4]. В настоящей работе сохранен подход к решению задачи о промерзании и оттаивании воды в грунте таким же как в [2].

Два уравнения заменяются одним уравнением (1). При этом границей раздела фаз воды считается изотерма температуры фазового перехода с учетом засоленности воды. Для соблюдения непрерывности изменения температуры в массиве грунта и закона сохранения энергии в решение вводится условная теплоемкость грунта в области фронта промерзания. За счет этой теплоемкости удается учесть теплоту, требуемую на замерзание и выделяющуюся при оттаивании. Для этого в уравнение (1) в качестве слагаемого вводится дельта-функция, которая не равна нулю только в окрестности фронта, где температура грунта отличается от температуры фазового перехода на $\pm\Delta$.

Теплопотери пола рассчитываются на каждом временном шаге k по известным значениям температуры пола и помещения с учетом лучистого и конвективного теплообмена между ними.

Выводы.

1. Перед применением разработанной программы расчета нестационарного теплового режима грунта вместе с конструкцией пола на грунте следует сделать следующую адаптацию для учета специфики задачи: выбрать величину шагов по времени и координате; уточнить количество повторов расчета годового теплового режима для правильного формирования начальных условий для расчета в периодической (годовой) задаче; уточнить размеры требуемой области массива грунта вокруг здания; определить интервал сглаживания коэффициентов при учете промерзания и оттаивания грунта.

2. Разработанные математическая модель и программа расчета на ПК позволят с ее помощью провести следующие исследования о влиянии на результат расчета: конструкции пола и его утепления; типа грунта; влажности грунта; промерзания и оттаивания воды в грунте; углов здания.

Библиографический список

1. Берковский Б.М. Разностные методы исследования задач теплообмена / Б.М. Берковский, Е.Ф. Ноготов. – Минск: Наука и техника, 1976. – 144 с.

2. Иванов Д.С. Определение теплотерь заглубленных частей здания расчетом трехмерного температурного поля // Строительство – формирование среды жизнедеятельности: Сборник трудов / Четырнадцатая Международная межвузовская научно-практическая конференция молодых ученых, докторантов и аспирантов (Москва, 27-29 апреля 2011 г.) / М.: МГСУ, 2011. С. 279-283.

3. Малявина Е.Г., Иванов Д.С. Расчет трехмерного температурного поля грунта с учетом промерзания при определении теплотерь // Вестник МГСУ. 2011. Т.1, №3. С. 371–376.

4. Самарский А.А. Вычислительная теплопередача / А.А. Самарский, П.Н. Вабищев. – М: Едиториал УРСС, 2003. – 784 с.

5. Табунщиков Ю.А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач. – М: АВОК-ПРЕСС, 2003. – 194 с.

6. Тихонов А.А. Уравнения математической физики / А.А. Тихонов, А.Н. Самарский. – М: Наука, 1977. – 735 с.

7. Jin, M. An Improved Land Surface Emissivity Parameter for Land Surface Models Using Global Remote Sensing Observations / M. Jin, S. Liang // J. Climate. – 2006. – №V. 19. pp. 2867–2881.

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВЫ ОБЕСПЫЛИВАНИЯ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИЯХ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

Морозов А.А., аспирант 1-го курса ИИЭСМ

Научный руководитель – Рымаров А.Г., доц., к.т.н., зав. кафедрой ТГВ

Домашняя пыль представляет собой исключительно антропогенный субстрат, в состав которого, помимо частичек песка и почвы, входят текстильные волокна, волосы и эпидермис человека, шерсть и эпидермис домашних животных, пыльца растений, метаболиты различных организмов и т.д. Домашняя пыль является средой обитания бактерий, сине-зеленых водорослей, грибов (плесневых и дрожжевых), актиномицетов, а также различных членистоногих. Из членистоногих особый интерес представляют синантропные клещи. Продуцируемые ими аллергены являются важнейшим причинным фактором развития аллергических заболеваний: аллергического ринита, атопического дерматита и бронхиальной астмы [1]. Основные факторы, лимитирующие заселение помещения клещами, – его влажность и запыленность. Запыленность жилых помещений зависит от внешних антропогенных факторов: количества промышленных предприятий, степени урбанизации района, наличия авто- и железнодорожных магистралей, а также числа жильцов на единицу жилой площади, присутствия домашних животных, организации жилых комнат (обилия мягкой мебели, ковров, паласов, мягких игрушек), спален и постелей (наличие перьевых подушек и перин) и т.д. [2]. Важной составляющей экологической характеристики жилищных условий является домашняя пыль, содержащая аллергены домашнего клеща [3]. В связи с этим ВОЗ определила аллергию к домашнему клещу как глобальную проблему для здоровья [4]. Наивысшая экспозиция аллергенов клещей возникает во время уборки квартиры пылесосом, застилания постели, выбивания ковров и т.д., когда пыль вместе с содержащимися в ней аллергенами интенсивно перемешивается с воздухом помещения [5]. Размер аллергенов, продуцируемых клещами, составляет 10-40 мкм (средний 22 ± 6 мкм) [6].

Некоторое время назад было принято считать, что концентрация клещевых аллергенов 1 группы (Derp 1), равная 2 мкг/г пыли (что соответствует 100 экземплярам клещей в 1 г пыли), вызывает развитие сенсибилизации к клещевым аллергенам, а концентрация 10 мкг/г пыли (500 экземпляров клещей в 1 г пыли) провоцирует приступ у больных бронхиальной астмой [7]. Однако на современном этапе получены данные, что сенсибилизацию индуцируют в 10–100 раз меньшие концентрации клещевых аллергенов 1 группы – порядка 0,02–0,5 мкг/г пыли [8].

Исследования, проведенные А.В. Нестеровым и А.С. Нестеровой, показали, что большинство обследованных детей с аллергическими заболеваниями проживает в квартирах с неблагоприятными экологическими условиями. В квартирах детей с круглогодичным аллергическим ринитом высо-

кая частота встречаемости клещей домашней пыли. Результаты исследований приведены в Таблице 1 и Таблице 2 [9].

Таблица 1

Частота обнаружения клещей в домашней пыли квартир детей с КАР (круглогодичными аллергическим ринитом)

Группа обследованных	Количество обследованных, чел	Частота обнаружения клещей, %
КАР	24	62,5±5,9
КАР + бронхиальная астма	39	76,9±7,5
Группа сравнения	30	26,7±5,3

Таблица 2

Количественное содержание клещей в домашней пыли квартир детей с КАР

Группа обследованных	Количество обследованных, чел	Количественное содержание клещей, особей на 1 г пыли
КАР	24	60,8±6,0
КАР + бронхиальная астма	39	94,8±9,8
Группа сравнения	30	21,5±4,2

Также важным фактором отрицательного воздействия пыли на здоровье человека является пыльца, содержащаяся в ней. Проведенные научные исследования, свидетельствуют о том, что концентрация пыльцы в жилых помещениях может быть достаточно высокой. Зимой, когда пыльцевых зерен в атмосферном воздухе нет, пыльца может сохраняться в пыли помещений, где часто достигает достаточно высокой концентрации. Например, в одном американском исследовании было обнаружено, что в 0,1 г домашней пыли содержится 5500000 частичек пыльцы. Достаточно 50 пыльцевых зерен, попавших на слизистую оболочку носа, чтобы спровоцировать приступ аллергического насморка. Предельно допустимая концентрация составляет 50 частиц/м³ воздуха. В домашней пыли пыльца выявляется постоянно на протяжении всего года. Размеры пыльцевых зерен колеблются примерно от 10 до 200 мкм, наиболее аллергенные виды пыльцы имеют размер от 20 до 30 мкм) [10].

С целью определения наиболее привлекательных с точки зрения эффективности и экономичности способов обеспыливания воздуха рассмотрим принципы осаждения пылевидных частиц:

- гравитационное осаждение, происходящее под действием силы тяжести.

Примером устройств гравитационного осаждения пыли являются пылеосадительные камеры. Принцип работы пылеосадительной камеры основан на использовании действующей на частицы пыли силы тяжести. Приземная эффективность достигается при длительном нахождении частиц в

пылеосадительной камере. Поэтому пылеосадительные камеры, рассчитанные на осаждение даже относительно крупных частиц, весьма громоздки. Отличаются большими размерами и низкой эффективностью работы;

- центробежное осаждение, являющееся более эффективным методом чем гравитационное осаждение, т.к. центробежная сила во много раз больше чем сила тяжести.

Главным представителем устройств центробежного осаждения являются циклоны. Принцип их работы заключается в том, что поток запылённого воздуха вводится в аппарат через входной патрубок тангенциально в верхней части. В аппарате формируется вращающийся поток газа, направленный вниз, к конической части аппарата. Вследствие силы инерции (центробежной силы) частицы пыли выносятся из потока и оседают на стенках аппарата, затем захватываются вторичным потоком и попадают в нижнюю часть. Преимущества циклона: простота устройства, надёжность, небольшие капитальные затраты, позволяет проводить грубая и средняя очистка от сухой и неслипающейся пыли. У циклона мала эффективность при частицах размером до 5 – 10 мкм, а при размерах – до 10 мкм 80% и более, при этом образующийся в циклоне турбулентный поток не даёт осесть мелкодисперсной пыли;

- инерционное осаждение, при котором движущийся в одном направлении запылённый поток изменяет направление движения, движущиеся с большой скоростью частицы стремятся сохранить первоначальное направление движения и оседают.

К данному способу осаждения относятся инерционные пылеуловители. Принцип их действия заключается в том, что запылённый воздух поступает с большой скоростью в камеру, ударяется о препятствие и направляется вниз. Чтобы воздух мог выйти из пылеуловителя, он должен изменить направление, теряя при этом крупнейшие частицы пыли. Эффективность – 50% при частицах до 5-10 мкм. При частицах 20 мкм – 80%;

- осаждение частиц в электрическом, поле при котором происходит зарядка частиц и осаждение под действием электрического поля.

Принцип действия электрофильтра заключается в том, что взвешенным в газе частицам сообщается электрический заряд. Под действием электрического поля частицы получают направленное движение и выводятся из газового потока путем осаждения их на электродах противоположного знака заряда. электрофильтры обеспечивают высокую степень очистки воздуха - до 99,95 %. электрические фильтры могут улавливать твердые и жидкие частицы размером от 0,01 мкм (вирусы, табачный дым) до десятков мкм. Минимальный размер улавливаемых частиц 0,01 мкм;

- фильтрация через пористые материалы, представляющая из себя пропуск аэрозоля через фильтровальные перегородки, пропускающие воздух, но задерживающие аэрозольные частицы.

Основными представителями данного способа фильтрации являются НЕРА, ULPA и карманные фильтры, относящиеся к группе фильтров высокой эффективности, образованы системой волокон сложной формы. Обыч-

но используются стеклопластиковые волокна с диаметром от 0,5 до 2 мкм. Основные факторы, влияющие на работу – диаметр волокна и толщина фильтра. Воздушное пространство между волокнами НЕРА фильтра значительно больше 0,3 мкм. Эффективность: 85% до 99,995% (по особо мелким частицам диаметром от 0,1 до 0,5 мкм). ULPA-фильтры, относящиеся к группе фильтров сверхвысокой эффективности, имеют аналогичную структуру и принцип действия, но куда большую эффективность (от 99,9995% до 99,99995% по особо мелким частицам). ULPA-фильтры, относящиеся к группе фильтров сверхвысокой эффективности, имеют аналогичную структуру и принцип действия, но куда большую эффективность (от 99,9995% до 99,99995% по особо мелким частицам). Карманные фильтры представляют собой конструкцию из рамки и фильтрующего материала, который сшит в виде «карманов». Подразделяются на фильтры грубой очистки G3, G4 и фильтры тонкой очистки F7, F8, F9;

- термофероз: отталкивание частиц нагретыми телами.

Рассмотрим существующие мероприятия по обеспыливанию воздуха в помещениях гражданских зданий. Очистители воздуха служебных и жилых помещений представляют собой компактную конструкцию и предназначены для установки на столе или недалеко от рабочего места. Поскольку они являются частью интерьера, то по этой причине они имеют небольшие габариты и эстетичные формы. Все функциональные элементы скрыты под наружным кожухом. Наиболее распространенные устройства для направленного движения воздуха в очистителях – это разнообразные конструкции электровентиляторов. Также была изобретена технология фильтров с использованием волокнистого магнитного материала. Однако данные устройства характеризуются локальностью обеспыливающего эффекта и не учитывают воздушный режим помещения [11].

Воздушный режим помещения гражданского здания включает в себя:

- конвективные струи воздуха, восходящие от нагретых источников и нисходящие от холодных поверхностей.

Конвективная воздушная струя – турбулентный вертикальный поток воздуха, возникающий в результате его теплообмена с неизотермической поверхностью. Конвективная воздушная струя в помещении возникает на поверхности нагретого оборудования (сушилки, печи, горячие ванны и прочего) и поверхности строительных ограждений в первом случае возникают восходящие компактные конвективные воздушные струи, а у поверхностей наружных ограждений в холодный период года — ниспадающие плоские (пристенные);

- струи инфильтрующегося и эксфильтрующегося воздуха.

Инфильтрация и эксфильтрация наружного воздуха через ограждения также вызывает определенную подвижность воздуха в помещении. Подвижность воздуха может достигать существенных значений в случае открытия оконных створок;

- струи приточного и вытяжного воздуха системы вентиляции. Механическая вентиляция сама по себе влияет на воздушный режим помещений,

но также стоит отметить присущие ей образования застойных зон, характеризующихся большой концентрацией пыли. Расположение места постоянного пребывания человека в этих зонах способствует риску причинения вреда его здоровью.

Указанные струи напрямую влияют на пылевой режим помещений, их необходимо учитывать для построения эффективной системы обеспыливания воздуха.

Как было указано в начале статьи, размер аллергенов пылевых клещей и наиболее аллергенной пыльцы, содержащихся в пыли воздуха помещений гражданских зданий, составляет 10-40 мкм (22 ± 6 мкм в среднем) и 20-30 мкм соответственно. Сравним размеры аллергенов, содержащихся в пыли и эффективность рассмотренных пылеуловителей в диапазоне 10-40 мкм (соответствует размерам аллергенов клещей и наиболее аллергенных видов пыльцы) (табл. 3).

Таблица 3

Эффективность пылеуловителей в диапазоне 10-40 мкм.

Тип пылеуловителя	Эффективность улавливания частиц размером 10-40 мкм
Инерционные пылеуловители	80% при $d > 20$ мкм, 50% при $d = 5-10$ мкм
Циклоны	> 80%
Электро-, HEPA-, ULPA-, карманные фильтры	> 99%

Как видно из таблицы в среднем уже инерционные пылеуловители и циклоны способны улавливать порядка 80% частиц аллергена, присутствующего в пыли, что уже достаточно высоко. Таким образом применение фильтров высокой эффективности, на данный момент применяемых в качестве локальных воздухоочистителей для жилых помещений, нецелесообразно и следует в дальнейшем рассмотреть применение фильтры меньшей эффективностью, но достаточной для удаления пыли, содержащей вредные для здоровья людей аллергены.

Выводы:

1. Обеспыливание воздуха помещений гражданских зданий является важным мероприятием, так как содержание пыли в воздухе помещений напрямую влияет на здоровье находящихся в них людей.

2. Существующие методы обеспыливания воздуха в данных помещениях характеризуются локальностью обеспыливающего эффекта и не учитывают воздушный режим помещения, а также в действительности необходимый объём удаления пыли.

3. Обоснована разработка принципиально новой системы обеспыливания воздуха, лишенной этих недостатков.

Библиографический список

1. Желтикова Т.М. и др. // Журн. микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2001. № 6. С. 94.
2. Желтикова Т.М., Белевский А.С., Ахапкина И.Г. Экология жилых помещений и профилактика аллергии к клещам домашней пыли // Практическая пульмонология. 2004. №2. С. 34-36.
3. Пухлик С.М. Этиология круглогодичного аллергического ринита // Российская ринология. 1999. № 1. С. 91.
4. Глобальная стратегия ВОЗ. Бронхиальная астма // Пульмонология. – 1996. – Прил. – 165 с.
5. Vike I. Passive smoking induces an allergy like cellular infiltrate in the nasal mucose of non allergic children // 7 Int. Congr. of Pediatr. Otorhinolar. Helsinki. 1998. P. 246.
6. Tovey E., Institute of Respiratory Medicine, Room 461 Blackburn Building (D06), University of Sydney, New South Wales, Australia, 2006.
7. Platts-Mills T.A.E. et al. // J. Allergy Clin. Immunol. 1997. V. 100. P. 1.
8. Global Initiative for Asthma. NHLBI/WHO Workshop Report. National Heart Lung Blood Institute, 2002.
9. Нестерова А.В., Нестеров А.С. Влияние экологии жилых помещений детей с сочетанием аллергического ринита и бронхиальной астмы на состояние иммунитета // Ульяновский медико-биологический журнал. 2015. №2. С. 90-96.
10. Желтикова Т.М. Это что-то новенькое! // Астма и аллергия. 2002. №1.
11. Бордунов В.В., Ситников А.С., Ситников В.А., Дмитриев Б.С., Гладышев Г.Н., Белявин М.Л., Соболев И.А., Бордунов С.В., Васильева О.Л. Бытовые системы очистки, увлажнения, обеспыливания и обеззараживания воздуха // Вестник ТГПУ. 2000. №2 (18). С. 54-63.

НОВЫЙ СПОСОБ ОБСЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Разаков М.А., студент 2 курса магистратуры ИИЭСМ;

Чернова Р.В., студентка 4 курса бакалавриата ИИЭСМ

Научный руководитель – Рымаров А.Г., доц., к.т.н., зав. кафедрой ТГВ

В нашей стране и странах постсоветского пространства большое распространение в жилых домах получила система естественной вентиляции. Т.е. приток воздуха обеспечивается неплотностями светопрозрачных конструкций, а удаление с помощью естественной тяги из-за разности плотностей [1-4]. Данное решение связано с тем, что после Великой Отечественной войны нужно было удешевить строительство инженерных систем. На рис. 1 представлены принципиальные схемы естественной вентиляции в Российской Федерации: А – без сборных каналов; Б – с вертикальными сборными каналами; В – с горизонтальными сборными каналами на чердаке; Г – с теплым чердаком. Как в США так и в Европейском союзе принята другая модель создания воздушного микроклимата помещения, а именно использование механической приточно-вытяжной системы.

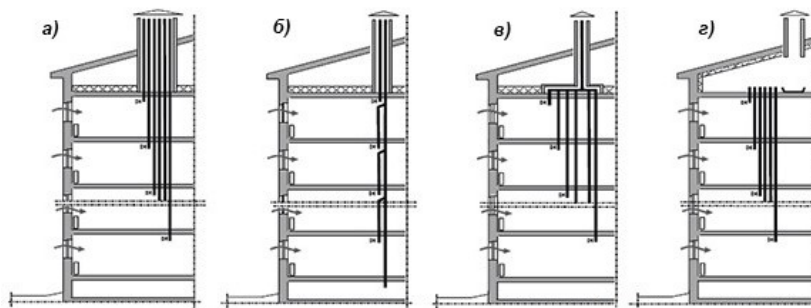


Рис. 1. Принципиальные схемы естественной вентиляции

Научно-технический прогресс не стоит на месте и в данной работе предпринята попытка интегрировать современные достижения робототехники для обследования спутниковых каналов системы естественной вентиляции [1,2]. Для систем комплекса теплогасоснабжения и вентиляции дроны – квадрокоптеры уже нашли, хоть и узкое, свое применение. Их используют в газовом хозяйстве страны для исследования мест механических повреждений газопроводов [3]. Внешний вид данных аппаратов представлен на рис. 2 и 3.

В данный момент суды различных инстанций перегружены исковыми заявлениями, связанными с незаконной перепланировкой квартир. В основном жители в погоне за лишними квадратными метрами пренебрегают элементарной логикой, а также правилами безопасности и разрушают шах-

ты системы вентиляции. Использование дронов или квадрокоптеров в системе естественной вентиляции обеспечит обследование системы на всем протяжении шахты.



Рис. 2. Квадрокоптер Syma X8HW



Рис. 3. Вертолет K80 FPV - системы Drone

К сожалению, обычные летательные аппараты не обладают нужной конфигурацией для сопротивления воздуху внутри шахты, т.к. скорости в ней могут достигать более 1,5 м/с [8-10]. Поэтому коллектив авторов предлагает следующий принцип создания «усиленной» модели данного летательного аппарата:

1. Создание не четырех роторного дрона, а одного массивного четырехлопастного винта, размещенного по центру.
2. Создание 4 пружинных ножек с колесиками, которые могут удлиняться в зависимости от размеров шахты или воздуховода.
3. Мотор-аккумулятор должен крепиться на верхней плоскости, ввиду снижения риска поломки при столкновении с инородными телами в шахте.
4. Камеры должны располагаться в середине боковой грани (или 45° при окружном исполнении) и иметь угол обзора 90° для обеспечения точности и четкости измерений.

5. Также следует предусмотреть двухсторонний дальномер для измерения длины и локализации инородного тела в воздуховоде.

6. В дальнейшем для расширения возможности дрона будет возможна установка устройств для измерения скорости воздуха, определения с помощью сонара трещин в воздуховодах или шахтах, а также измерения динамического давления.

Для начала предлагается установка камеры с тремя режимами работы:

1. Режим «обычный» – данный режим нужен, т.к. этот аппарат может использоваться не только в системе вентиляции, но и в исследовании планировки местности.

2. Режим «ночной» – этот режим будет использоваться непосредственно в самих шахтах или воздуховодах, т.к. естественного освещения в них почти нет, то иногда для детального исследования, оператору нужно взглянуть на шахту глазами

3. Режим «инфракрасный» – режим предназначен для обследования дополнительной эжекции теплого воздуха в пространство шахты.

Библиографический список

1. Тергичник Е.И., Агаханова К.М. Расчет величин фактических потоков воздуха в вытяжной гравитационной системе с вертикальным сборным каналом // В сборнике: Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании, сборник материалов международной научной конференции. ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». 2017. С. 784-788.

2. Рымаров А.Г., Абрамкина Д.В. Применение систем естественной вентиляции в многоэтажном здании с атриумом // Научное обозрение. 2016. №14. С. 24-27.

3. Рымаров А.Г., Абрамкина Д.В. Системы естественной вентиляции с тепловым побуждением // Научное обозрение. 2016. №9. С. 43-46.

4. Рымаров А.Г., Кравчук В.Ю., Брюханов О.Н. Системы естественной вентиляции жилых зданий, оборудованных окнами с малой воздухопроницаемостью (Класс «Г» и выше). // Научное обозрение. 2016. № 10. С. 23-26.

5. Горелова А.В., Кривобоков Е.А. Устройство и применение квадрокоптеров // В сборнике: Университетская наука. ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова». 2017. С. 52-56.

6. Зулъкарнаев В.У., Камалова В.Р. Практическое применение беспилотных летательных аппаратов в современном мире // Инновации в науке. 2016. № 56-2. С. 23-27.

7. Данилова А.А., Миденко М.А., Косогоров А.А., Тарасенко В.И. Использование беспилотников в газовом хозяйстве // В сборнике: Исследования в строительстве, теплогазоснабжении и энергообеспечении, сборник материалов международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО

«Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова». 2016. С. 102-105.

8. Рымаров А.Г., Савичев В.В. Особенности определения требуемого воздухообмена в помещениях жилых зданий. // Жилищное строительство. 2014. №12. С. 23-25.

9. Рымаров А.Г., Савичев В.В. К расчету требуемого воздухообмена в помещениях общественных зданий в зависимости от количества человек. // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2014. №4. С. 99-102.

10. Тертичник Е.И., Агаханова К.М. Обзор методов расчета воздухообмена в жилых зданиях // В сборнике: Строительство – формирование среды жизнедеятельности, сборник материалов XIX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». 2016. С. 945-948.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ТЕПЛОНАСОСНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В ЖИЛОМ ДОМЕ

Тимофеев Д.В., аспирант ИИЭСМ

Научный руководитель – Малявина Е.Г., проф., к.т.н.

Введение

Теплонасосные системы теплоснабжения совместно с вертикальным грунтовым теплообменником используются для покрытия потребности в теплоте и холоде различных типов зданий. Для максимального учёта изменяющихся параметров внешней среды, а также учёта влияния тепловой инерции грунта в грунтовом теплообменнике, для расчёта эффективности этих систем применяются программы для энергетического моделирования, такие как eQUEST/DOE-2.2 [1], Energy Plus [2] и TRNSYS [3]. В них математическая модель системы состоит из подмоделей, связанных между собой компонентов: теплового насоса, грунтового теплообменника, циркуляционных насосов и прочих элементов системы теплоснабжения, а расчёт параметров работы систем производится с шагом час или меньше.

Несмотря на свою общепризнанность, названные выше программы не выполняют симуляцию с тепловым насосом, в котором установлен спиральный компрессор, а только с поршневым, не учитывают постепенное замерзание и оттаивание грунта, которое имеет место в даже в зонах с умеренным климатом в Российской Федерации. Код программ написан на системных языках Fortran, C/C++, что затрудняет его понимание и, как следствие, внесение в него изменений. Поэтому автором статьи была разработана программа на языке scala (платформа JVM), под конкретную задачу расчёта эффективности работы геотермальных систем теплоснабжения с вертикальным грунтовым теплообменником небольшого жилого здания. Программа лишена недостатков, упомянутых выше, и описана в [4-6]. В дальнейшем её можно расширить под другие задачи энергетического моделирования.

Описание задачи

Расчёт систем жилых зданий с единственным вертикальным грунтовым теплообменником имеет свою ценность. Так, по данным государственных источников Швеции, рассмотренных в [7], из 356 463 пробуренных в стране скважин под грунтовые теплообменники, только 9 368 приходятся на крупные системы с 20 скважинами и более. Большинство же скважин 180 – 250 метровые, и являются единственными в системе теплоснабжения.

Профиль отопительных нагрузок рассматриваемого здания изображён на рис. 1. Несмотря на пики теплоступлений вплоть до 11 кВт, они носят единичный характер, и общее отношение нагрузок на теплоснабжение / холодоснабжение у здания составляет (12,73 МВт·ч / 0,95 МВт·ч) 13,38 раз.

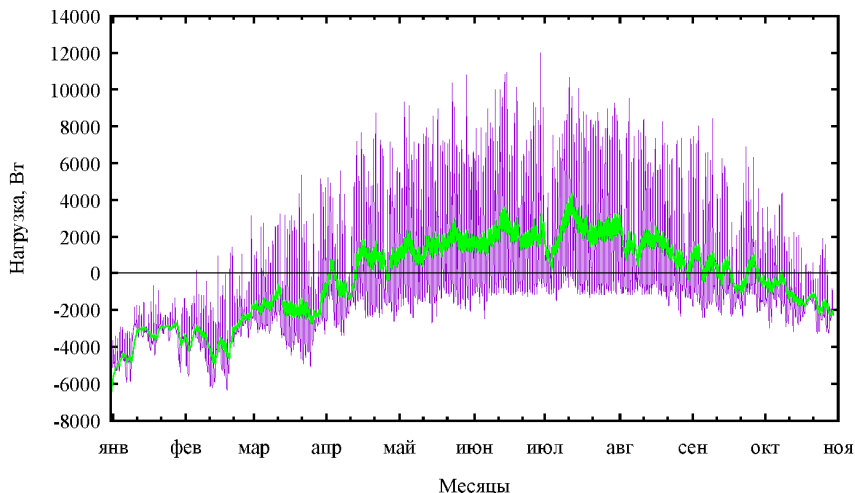


Рис. 1. Профиль нагрузок на рассматриваемое здание в течение года. Фиолетовая линия – почасовые значения нагрузок, салатовая – её двойное экспоненциальное сглаживание

Нагрузки на горячее водоснабжение имеет вид двух пиков утром и вечером (по дневному тарифу), и рассчитаны по [8] на 3 человек. Ввиду малого значения холодильной нагрузки на здание, примем к рассмотрению систему, работающую только зимой на нужды теплоснабжения. Теплоснабжение принятого жилого здания состоит из тепловой нагрузки, требуемой системой отопления для покрытия его теплопотерь, а также для нагрева воды на нужды горячего водоснабжения. Требуемая нагрузка на систему отопления покрывается тепловым насосом, но, чтобы быть эффективной, система отопления проектируется с температурой подающей магистрали в диапазоне 40 - 50 °С. Теплоноситель с такими параметрами не может обеспечить требуемую санитарными нормами температуру горячей воды в 60 °С, поэтому, помимо теплового насоса, в качестве доводчика используется ТЕН, и сумма по деньгам в графе «Тепловой насос» таблицы 2, в случае горячего водоснабжения, складывается из двух слагаемых. Чтобы отделить теплоту, затраченную тепловым насосом на нагрев горячей воды, была проведена симуляция двух комплектаций систем (см. табл. 1): в первой (схема 1) для нагрева воды для водоснабжения используется электродкотёл, а во второй (схема 2) тепловой насос и ТЕН.

Чтобы корректно сравнивать стоимость энергии, необходимой для теплонасосной системы, со стоимостью функционирования системы центрального теплоснабжения, необходимо учесть потребление электрической энергии циркуляционным насосом в контуре грунта, которого нет в схеме центрального теплоснабжения. В качестве циркуляционного насоса был принят насос с переменной частотой вращения привода.

Потребление электрической энергии, МВт·ч, системой теплоснабжения за год, а также произведённая тепловым насосом теплота

Источник энергии	Тепловой насос	Бойлер для горячей воды	Насос в контуре здания	Насос в грунтовом контуре	Суммарные затраты на электроснабжение	Произведённая теплота
Схема 1	3,71	3,53	0,23	0,17	7,73	12,74
Схема 2	4,52	2,11	0,37	0,37	7,37	17,27

Расчёт и результаты

Численная симуляция производилась в течение 7 виртуальных лет, и значения по потреблению электроэнергии тепловым насосом считалось в последний год. Это необходимо потому, что с течением времени эффективность системы снижается. Эффективность теплонасосной системы теплоснабжения также зависит от длины скважины, поэтому для корректности результатов была проведена серия расчётов с постепенно уменьшающейся длиной, с шагом 5 Вт пиковой нагрузки на метр скважины.

Результаты симуляции представлены в табл. 1 и 2. На рис. 2 показаны изменения температуры теплоносителя на выходе из теплового насоса. Из табл. 1 видно, что суммарные затраты на электроснабжение уменьшаются, когда в подготовке горячей воды участвует тепловой насос. В то же время общее количество выработанной тепловым насосом теплоты увеличивается сильнее, чем необходимо для горячего теплоснабжения, так как тепловой насос, благодаря постоянной частоте привода спирального компрессора, не может выработать столько теплоты, сколько требуется в данный момент.

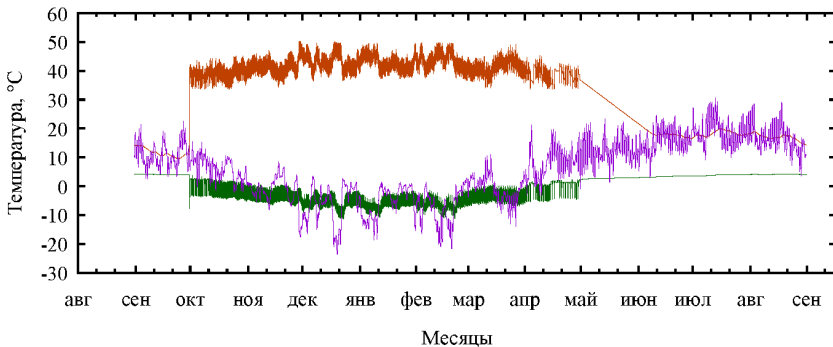


Рис. 2. Изменение температуры теплоносителя на выходе из теплового насоса на седьмой год симуляции. Оранжевая линия — температура в контуре здания; зелёная линия — температура в грунтовом контуре; фиолетовая линия — температура наружного воздуха по сухому термометру

Выяснилось, что за счёт применения двухтарифного плана на электроэнергию, и учёта обстоятельства, что пики теплопотерь здания приходятся на ночное время суток, что теплонасосная система оказалась дешевле, чем центральная система теплоснабжения. В суммарных затратах на горячую воду и отопление экономия составляет 30%. Газовый котёл экономнее теплонасосной системы на 60%. Однако потенциально тепловой насос может работать только ночью, для нагрева конструкций, которые будут отдавать теплоту весь последующий день. Если принять к установке случай, когда тепловой насос потребляет всю электроэнергию для отопления здания по ночному тарифу, то её стоимость за сезон будет равняться 5198 рублей, что составляет 81,6% от стоимости газа для котла. С учётом горячего водоснабжения, даже в таком случае газ окажется дешевле.

Таблица 2

Стоимость энергии (тыс. руб.), затраченной на теплоснабжение здания за год

Назначение	ТЕН	Тепловой насос	Центральная система теплоснабжения	Газовый котёл
Отопление	37,583	11,573	21,884	6,370
Горячее водоснабжение	15,320	7,073 + 3,016	9,474	1,764

Цена на электрическую энергию: 1,15 руб/кВт·ч с 22⁰⁰ до 7⁰⁰, 4,34 руб/кВт·ч с 7⁰⁰ до 22⁰⁰

Цена на тепловую энергию от сети центрального теплоснабжения: 1477,05 руб/Гкал

Цена тепловой энергии, получаемой от сжигаемого газового топлива: 0,5 руб/кВт·ч

Цена за горячее водоснабжение: 180,55 руб/м³.

Выводы

Использование теплонасосных систем теплоснабжения с вертикальным грунтовым теплообменником выгоднее, чем отопление здания при помощи электричества, или от системы центрального теплоснабжения, но дороже газового котла. Капитальные затраты на установку теплонасосных систем, систем центрального теплоснабжения и газового котла, сильно варьируется от географического положения объекта. Решение о выборе той или иной технологии следует принимать на основании данных как капитальных, так эксплуатационных затрат.

Библиографический список

1. eQUEST. The QUick Energy Simulation Tool / Hirsch J.J. Lawrence Berkeley National Laboratory, 2016.
2. EnergyPlus. Whole building energy simulation program / U.S. Department of energy, 2015.
3. TRNSYS. Transient System Simulation Tool [Электронный ресурс]. 2014. Дата обращения: 07.04.2014.

4. Тимофеев Д.В., Малявина Е.Г. Разработка компьютерной модели теплового насоса с постоянной частотой вращения спирали компрессора // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. Вып. 4 (103). С. 437-445.
5. Тимофеев Д.В., Малявина Е.Г. Разработка численной модели теплопередачи между грунтом и термоскважиной // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 5 (52). С. 196-202.
6. Тимофеев Д.В., Малявина Е.Г. Компьютерная симуляция возможностей грунтового теплообменника, при работе в холодное время года и круглогодично // Научное обозрение. 2017. № 15. С. 19-24.
7. Juhlin K., Gehlin S. Vertical GSHP systems in Sweden 1978 – 2015 // Dig In: International ground source heat pump association conference & expo. IGSHPA. 2017, March 14-16. P. 19-25.
8. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84 (с Изменениями № 1, 2). М.: Техэксперт, 2012. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200093820>.

СЕКЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
В ШКОЛАХ

ИНЖЕНЕРНЫЙ КЛАСС В ГБОУ ШКОЛЕ №283

Шарышева С.В., учитель физики шк. № 283

Воробьева А.В., методист шк. №283

Актуальность открытия инженерного класса в ГБОУ Школа № 283 определяется следующими факторами:

- программой социально-экономического развития РФ и города Москвы на 2016 – 2020 годы, которая выдвигает на передний план создание новых мощностей, расширение наукоемкого производства, технологического оборудования и услуг, основанных на новейших знаниях;

- востребованностью высококвалифицированных специалистов – инженеров сферы современного производства;

- необходимостью перевода отечественной промышленности и экономики на инновационный путь развития;

- необходимостью разработки новой системы обучения, максимально использующей возможности образовательной среды, позволяющей реализовывать принцип преемственности, multifunctionality, метапредметности в соответствии с индивидуальными запросами учащихся.

Таким образом, одной из приоритетных задач развития школы становится создание условий для дифференциации содержания обучения старшеклассников с широкими возможностями для построения индивидуальных образовательных траекторий. В первую очередь – на основе создания профильных классов, организации углубленного изучения учебных предметов политехнической направленности (физики, математики, информатики) средствами профильной подготовки, что обеспечит, в конечном итоге, высокий уровень информационно-математической и технологической подготовки выпускников и широкие возможности. Достижение этих задач должно, на наш взгляд, осуществляться в инженерном классе, т.к. профильные классы сегодня есть почти во всех школах Москвы – но, конечно, разного уровня, а инженерный класс – это реальная возможность не просто дать более глубокие знания, лучше узнать выбранную профессию и легче поступить в технический ВУЗ, но и развить проектно-исследовательские, предпрофессиональные компетенции.

Для работы в 2017/2018 учебном году педагогическим коллективом школы принята комплексная целевая программа по подготовке к открытию инженерных классов в ГБОУ Школе № 283. Она рассматривает широкий круг вопросов, затрагивая и нормативное обеспечение открытия таких классов, и материально-техническое обеспечение и оснащение, и развитие кадрового потенциала, и многое другое.

В рамках подготовки к открытию инженерного класса школой заключен договор о сотрудничестве с НИТУ МИСиС, предметом которого является повышение уровня знаний учащихся 7-9 классов по предметам естественнонаучного и информационно-математического циклов (математика и физика) в рамках предпрофильной подготовки и подготовки к конкурсам и

олимпиадам. Учащимся обеспечен доступ к дистанционным образовательным курсам. Также в рамках сотрудничества с НИТУ МИСиС, с целью развития интереса школьников к инженерным наукам, выявления и развитие одаренных школьников наша школа второй год является базовой площадкой для проведения олимпиады НИТУ МИСиС «МИСиС зажигает звезды», одним из элементов многопрофильной олимпиады «Звезда». Помимо этого, школа является базовой окружной площадкой проведения турнира имени М.В. Ломоносова.

Обучающиеся школы в массовом порядке приняли участие в обеих олимпиадах, а также во Всероссийской олимпиаде школьников и Московской олимпиаде школьников. Подготовка к олимпиадам велась с использованием ресурса внеурочной деятельности и системы дополнительного образования школы, а также в рамках сетевого сотрудничества школ МРСД № 6 путем заключения договора с Ассоциацией победителей олимпиад и открытия Кружка от чемпионов по 4 направлениям – физика, обществознание, технология и математика для 4-х школ-участниц данного проекта.

Дополнительно школой заключен договор о сотрудничестве с МГСУ с целью предоставления возможности обучающимся 9 – 11 классов обучаться в Инженерной школе.

В процессе подготовки к заключению договор с МИРЭА для реализации программ, направленных на повышение уровня подготовки по математике и физике, в форме лекций, лабораторных занятий, которые помогли бы старшеклассникам закрепить знания по некоторым разделам школьных курсов физики и математики, освоить навыки практического использования данных знаний при решении физических и математических задач.

Для обучающихся 9-х классов в течение учебного года проводятся элективные курсы, помогающие школьникам лучше познакомиться со спецификой инженерно-технической направленности (например, «Практикум решения нестандартных математических задач», «Методы решения физических задач», «Робототехника», «3-D моделирование и прототипирование» и т.п.).

Старшеклассники регулярно посещают образовательные мероприятия в рамках городского просветительско-образовательного проекта «Университетские субботы» в профильных ВУЗах, научно-популярные лекции и встречи с молодыми учеными, выезжают на экскурсии в научные и инженерные центры и технопарки, участвуют в мероприятиях, проводимых городского проекта «Школа новых технологий», организуемых совместно Департаментом образования города Москвы и Департаментом информационных технологий города Москвы.

Очевидно, самое важное в профильном обучении вообще и в инженерном классе в частности – проектно-исследовательская деятельность. Она индивидуальна и обязательна, включена в учебный план старшеклассника. Старшеклассники активно участвуют в исследовательской и проектной деятельности, проводят мастер-классы для сверстников и младших школьников, демонстрируя свои исследовательские проекты. Проектная деятель-

ность учащихся строится на базе школьного комплекса лабораторий дополнительного образования (физическая лаборатория, лаборатория робототехники, компьютерный класс). Планируется привлечение преподавателей вузов для реализации профильного, предпрофильного и дополнительного образования. Защита проектных работ происходит на традиционной общешкольной конференции «Тропа открытий».



Обучающиеся активно участвуют и представляют свои работы на конференциях и конкурсах более высокого уровня:

- Городской конкурс проектных и исследовательских работ «Ресурсосбережение: инновации и таланты»: ученики 10 класса Бурба Карина и Ермилов Николай – победители и призеры 2016-2017, проект – «Умный дом»; победители межрайонного этапа того же конкурса 2018, проект – модель «Экорайон»;
- Конкурс JuniorSkills 2017 Аэрокосмическая инженерия «Ракета Ю16М-0283»; Капустин Павел, Ульченкова Софья, Соловьев Даниил.
- Призеры заключительного этапа технической олимпиады «МИСиС зажигает звезды»: Богачкина Ирина, Голикова Анна, 2017-2018.



Одновременно ведется работа с педагогическим коллективом, в системе осуществляется повышение уровня профессиональной подготовки педагогов. Так, в рамках договора с НИТУ МИСиС и НИУ МГСУ учителя школы прошли обучение по программе «Организация и методики обучения основам инженерной деятельности (проектно-ориентированное обучение)». В настоящий момент сформирована группа педагогов для прохождения курсов повышения квалификации на базе ГМЦ «Использование оборудования лабораторного комплекса инженерных классов в организации предпрофильного обучения».

Дополнительно для работы в проекте «Инженерный класс в московской школе» учителя математики, информатики, физики повышают квалификацию по направлениям робототехника, программирование, прототипирование, 3D-моделирование, инженерный дизайн и многое другое.

Основным учебно-методическим структурным подразделением в школе является методическая кафедра. Учителя кафедры дисциплин естественнонаучного цикла ведут работу, призванную обеспечить высокий методический уровень организации учебно-познавательной деятельности школьников, для чего практикуется организация проведения лекций, в том числе с использованием дистанционного образования преподавателей ВУЗов по вопросам, которые вызывают наибольшее затруднение при прохождении государственной итоговой аттестации, организация обучающих сессий, краткосрочных курсов в ВУЗах. Для изучения отдельных актуальных проблем при кафедре создаются временные исследовательские коллективы и творческие группы.

Много внимания уделяется материально-техническому обеспечению школы оборудованием для реализации концепции инженерного образования: в течение предыдущих лет за счет средств от приносящей доход деятельности (внебюджетных образовательных программ системы дополнительного образования школы) регулярно пополнялись специализированным учебно-лабораторным оборудованием кабинеты физики, математики, информатики, кабинет технологии для девочек и учебные мастерский для мальчиков учебные лаборатории. Большое внимание уделяется обеспечению информационно-образовательной среды, определяющейся наличием программных средств и материальных ресурсов, к которым можно отнести интерактивные доски, компьютеры, принтеры, сканеры, наличие локальной сети и доступа в интернет и т.п. Все это активно используется в учебном процессе. В этом учебном году школа закупила комплект оборудования для инженерного класса, позволяющего ученикам заниматься техническим творчеством. Научно-практической и исследовательской деятельностью в самом разнообразном спектре.

Отдельное внимание уделено сайту школы, где создана специальная вкладка, знакомящая гостей сайта с тем, какие условия созданы в школе для развития инженерно-технического образования и открытия инженерного класса.

ШКОЛЬНОЕ ТВОРЧЕСТВО В ИНЖЕНЕРНЫХ КЛАССАХ

Мамедова Н.В., учитель физики школы № 1506 г. Москвы

Начало своей работы учителем физики в ГБОУ Школа №1506 города Москвы 1-го сентября 2017 года совпало с внедрением программы «Инженерный класс в Московской школе».

Данная программа направлена на развитие у школьников практических навыков применения законов физики не только в быту, но и поиск путей профессиональной ориентации в будущем.

Для классического преподавателя физики данная программа также предполагает обучение в части освоения с новейшими техническими средствами, демонстрационным и лабораторным оборудованием, которым в рамках реализации программы снабжается школа.

Освоение нового и расширение уже имеющегося опыта решено было совместить с интересом школьников к знакомству со всем новым, т.е. было предложено ученикам инженерного 10 класса в качестве творческих проектов решить задачу – оценить состав лабораторного оборудования фирмы SAGA и предложить свой вариант видения его применения.

Как и предполагалось, равнодушных в данной работе не оказалось, ребята разобрали комплекты и каждый выбрал себе наиболее близкую и интересную задачу: лабораторный комплекс «Вращательное движение» – Евгения З., «Постоянный электрический ток» – Кристина П., «Оптика-1» – Жанна С., «Оптика-2» – Егор Т., «Молекулярная физика и термодинамика» – Динара М., демонстрационное оборудование привлекло Татьяну П. – «Генератор Ван де-Граафа» и Никиту А. – «Катушки Гельмгольца».

Начальный этап включал ознакомление с комплексом, его элементами, изучение и проработка совместно с преподавателем инструкций (к наборам NTL и SAGA technologies), выяснение возможностей.

Современные средства информационных ресурсов позволили ребятам найти не только описание самих работ, но и примеры реализации функций лабораторного оборудования на школьных занятиях по физике.

Следует обратить внимание, что при оценке функциональности лабораторных и демонстрационных наборов оборудования ребята стали сравнивать имеющееся оборудование прошлых лет, выявляя их плюсы и минусы. В процессе решения поставленных задач у ребят начали проявляться новые качества, творческие и профессиональные наклонности к инженерной и изобретательской деятельности.

Параллельно достигнута еще одна цель – вовлечь учащихся в педагогический процесс, познакомить с одной из сторон работы учителя физики – подготовкой демонстрационного и лабораторного оборудования к занятиям, развивать коммуникационные и другие компетентности учащихся.

За 2 месяца, с частотой занятий 1 раз в неделю группа учеников, подготовила предзащиту по итогам своей работы: ребята разобрались в теории по тематике выбранного комплекта или оборудования, провели предло-

женные работы, сравнили современные комплекты с аналогичными прошлых лет, составили рекомендации по использованию комплектов и демонстрационных приборов.



Рис. 1. Инженерный класс в ГБОУ Школа №1506

По итогам своей работы ребята выступили перед учителями, приглашёнными в школу № 1506 16 декабря 2017 года на круглый стол «Использование оборудования «Инженерный класс» на уроках физики и во внеурочное время». Учителям физики было предложено обсудить за Круглым столом проблемы, возникающие у них при использовании современного лабораторного и демонстрационного оборудования, полученного по программе «Инженерный класс». В первой части встречи участники Круглого стола были заслушали проекты-отчёты учащихся инженерного 10 В класса о работе с отдельными комплектами современного оборудования.

В качестве примера можно остановиться на одной из работ: Евгения З. изучала комплект «Вращательное движение». В процессе подготовки лабораторного комплекса к демонстрации Евгения установила, что предлагаемый способ ручного вращения платформы не эффективен, скорее даже не эстетичен, к тому же не обеспечивает постоянства скорости вращения. Т.к. Инженерный класс наполнен различным по своим характеристикам оборудованием, среди которого имеется 3D принтер, то Евгения внесла предложение: платформу должен приводить во вращение двигатель, например, подобранный из комплекта по робототехнике. Вращение от вала двигателя сначала передаётся шкиву (шкив Евгения изготовила на 3D-принтере). Посредством ремённой передачи во вращательное движение приходит и сама платформа. Причём, автор модернизации предусмотрела возможность работы двигателя на 2-х скоростях. С презентацией своей работы Евгения выступали на студенческой конференции в МГСУ.

Увлечшись решением задач, школьники, не замечая за собой, открывают скрытые резервы, сами не осознавая, насколько эти навыки им пригодятся в будущей профессии.