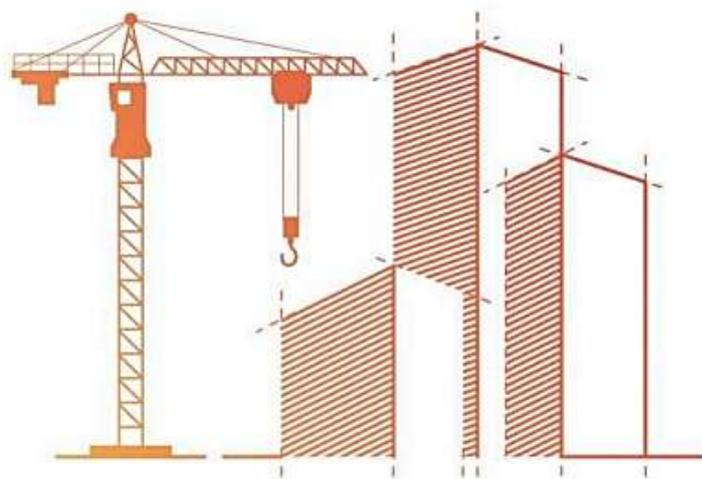


III ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СТРОИТЕЛЬСТВА:

ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

МАТЕРИАЛЫ III ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ



КРАСНОЯРСК

23–25 октября 2024 г.



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Сибирский федеральный университет

*Мероприятие проведено при поддержке
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»;
АО «Фирма “Культбытстрой”»; ООО «УСК “Сибиряк”»; ООО «УК “СМ.СИТИ”»;
ООО «Инвестиционно-строительная компания “Омега”»*

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СТРОИТЕЛЬСТВА: ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

Материалы III Всероссийской научно-практической конференции

Красноярск, 23–25 октября 2024 г.

Электронное научное издание

Красноярск
СФУ
2024



СИБИРСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

SIBERIAN
FEDERAL
UNIVERSITY



СМ.СИТИ
СТРОИТЕЛЬСКАЯ ТЕХНИКА



УДК 624(03)

ББК 38

A437

Организационный комитет:

И. В. Тарасов, канд. техн. наук, директор ИСИ СФУ (председатель); *А. П. Мохирев*, д-р техн. наук, доц., проф. кафедры автомобильных дорог и городских сооружений, зам. директора по научной работе ИСИ СФУ (заместитель); *С. В. Георгиев*, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой строительных конструкций и управляемых систем ИСИ СФУ; *С. В. Дружинкин*, канд. техн. наук, доц., врио зав. кафедрой строительных материалов и технологии строительства ИСИ СФУ; *А. И. Матюшенко*, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой инженерных систем зданий и сооружений ИСИ СФУ; *Р. А. Назиров*, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой проектирования зданий и экспертизы недвижимости ИСИ СФУ; *В. В. Серватинский*, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой автомобильных дорог и городских сооружений ИСИ СФУ; *В. В. Рудских*, канд. экон. наук, зам. директора по учебной работе, доц. кафедры проектирования зданий и экспертизы недвижимости ИСИ СФУ; *И. А. Саенко*, д-р экон. наук, доц., проф. кафедры проектирования зданий и экспертизы недвижимости ИСИ СФУ; *Е. Ю. Янаев*, канд. техн. наук, доц. кафедры автомобильных дорог и городских сооружений ИСИ СФУ; *Л. Ю. Фомина*, канд. пед. наук, доц. кафедры автомобильных дорог и городских сооружений ИСИ СФУ (ответственный секретарь)

A437 Актуальные вопросы строительства: взгляд в будущее : материалы III Всерос. науч.-практ. конф. Красноярск, 23–25 октября 2024 г. / отв. за вып. А. П. Мохирев. – Электрон. дан. (9,83 Мб). – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2024. – Электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования : PC не ниже класса Pentium I ; 128 Мб Ram ; Windows 98/XP/7 ; Adobe Reader v 8.0 и выше. – Загл. с экрана.
ISBN 978-5-7638-5067-3

Представлены материалы III Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы строительства: взгляд в будущее» (Красноярск, 23–25 октября 2024 г.). Цель конференции – популяризация научно-исследовательской деятельности в приоритетных направлениях Красноярского края и России, демонстрация и пропаганда достижений научно-исследовательской, проектной деятельности в области строительства, а также обмен опытом на региональном и всероссийском уровнях; координация научных направлений; установление контактов между будущими коллегами.

Предназначены для специалистов в области строительства, аспирантов, студентов, обучающихся по соответствующим профилям подготовки.

Ответственность за аутентичность и точность цитат, имён и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

УДК 624(03)

ББК 38

ISBN 978-5-7638-5067-3

© Сибирский федеральный университет, 2024

Электронное научное издание

Корректор Л. В. Боос

Компьютерная вёрстка Е. А. Сафиной

Подписано в свет 24.12.2024. Заказ № 23235
Тиражируется на машиночитаемых носителях
Библиотечно-издательский комплекс
Сибирского федерального университета
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82а
Тел.: (391) 206-26-16; <http://rio.sfu-kras.ru>
E-mail: publishing_house@sfu-kras.ru



СИБИРСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

SIBERIAN
FEDERAL
UNIVERSITY



Инженерно-
Строительный
Институт



КУЛЬТЕМСТРОЙ

СМ.СИТИ
СТРАТЕГИЧЕСКАЯ ГРУППА



СОДЕРЖАНИЕ

1. ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА – ОСНОВА РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ.....	15
<i>Азизов Р. З.</i> Экономика внедрения интеллектуальных систем в сферу дорожного хозяйства....	15
<i>Бекетова Н. А.</i> Историография гидрогеологических исследований на оползнеопасных участках автодорог в Республике Хакасия.....	20
<i>Гавриленко Т. В., Губченко В. В.</i> Оценка надёжности насыпи по критерию выпуклости ореола оттаивания.....	24
<i>Гришко Г. С.</i> Прогнозирование развития инновационных технологий в области материалов для дорожного строительства.....	28
<i>Исламова И. М., Мохирев А. П.</i> Параметры транспортного пути дорог зимнего действия.....	32
<i>Каменчуков А. В.</i> Особенности проектирования и расчёта дорожных одежд.....	36
<i>Колесникова Н. А., Колесников Д. Л., Красова К. А., Солдатова Е. И.</i> Возможность реконструкции и изменения функционального назначения здания общежития с пристройкой двух этажей.....	40
<i>Кропотов М. Д., Горяева Е. В.</i> Особенности цифрового информационного моделирования транспортных сетей в геоинформационных системах	45
<i>Лазарев В. А., Володькин Е. П.</i> Социологические исследования качества транспортного обслуживания населения в городе Владивостоке.....	51
<i>Малютина Е. Е., Логинова Е. В.</i> Возрождение акватранспортной доступности туристических маршрутов Республики Хакасия.....	56
<i>Монгуш Д. Б., Ван Л., Небрятенко Д. Ю.</i> Холодные асфальтобетонные смеси и опыт их применения в рамках практических занятий.....	62



СИБИРСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

SIBERIAN
FEDERAL
UNIVERSITY



СМ.СИТИ
СТРАТЕГИЧЕСКАЯ ГРУППА



<i>Николаева Г. О.</i> Прогнозирование влажности грунтов земляного полотна автомобильных дорог в I дорожно-климатической зоне	67
<i>Новожилов А. А., Тумаков С. А.</i> О расчёте основания подпорной стены в электронной таблице.....	71
<i>Оганисян А. А.</i> Концепция совершенствования организации дорожного движения на примере города Тюмени.....	77
<i>Павликов А. Б., Каменчуков А. В.</i> Исследование прочности и устойчивости грунтов оснований автомобильных дорог.....	82
<i>Парфенова Е. Ю., Красильникова Е. А., Мохирев А. П., Серватинский В. В.</i> Разработка проекта регламента содержания улично-дорожной сети в зимний период в Красноярске.....	87
<i>Поздняков Н. А., Халимов О. З.</i> Наблюдение за домами, построенными с использованием метода организованного замачивания (посёлок Солонцы, город Красноярск).....	92
<i>Рычкова А. Ю., Артемьева Н. А.</i> Оценка уплотняемости асфальтобетонной смеси при изменении температурных режимов.....	95
<i>Савин С. А.</i> Анализ результатов испытаний грунтов сваями в селе Идринском.....	99
<i>Санников Д. Н., Серватинский В. В.</i> Моделирование воздушно-массового потока для обоснования технических параметров снегопередающего ограждения.....	105
<i>Сорокина М. Н., Серватинский В. В.</i> О методах измерения ровности покрытий автомобильных дорог.....	108
<i>Степаненко Д. Р., Фомина Л. Ю.</i> Факторы, влияющие на надёжность болтовых соединений стальных мостов.....	112
<i>Таранюк Ю. Т., Серватинский В. В., Янаев Е. Ю.</i> Эффективность использования автоматических систем весогабаритного контроля грузоперевозок на территории Красноярского края по заказу Управления автомобильных дорог по Красноярскому краю.....	117
<i>Фоменко А. Ю., Беляков А. С., Небрятенко Д. Ю.</i> Определение краевого угла смачивания на модельных дорожных покрытиях.....	122



<i>Халимов О. З., Шibaева Г. Н.</i> Решение проблем в период строительства и эксплуатации подземного пространства лабораторного корпуса Хакасского технического института в Абакане.....	126
<i>Хлебников И. В.</i> Возведение фундаментов в условиях высокого уровня грунтовых вод в Абакане...	132
<i>Шевченко С. А., Гавриленко Т. В.</i> Поверхностный сток на улицах города Красноярска и мероприятия по его совершенствованию.....	137
<i>Яшкин Д. В., Варочка Д. В., Небратенко Д. Ю.</i> Теплофизический расчёт стыковочной битумно-полимерной ленты.....	143
<i>Яшнов А. Н., Мирошниченко О. О.</i> Оценка удерживающей способности мостовых ограждений безопасности барьерного типа.....	148
2. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И ФОРМИРОВАНИЯ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ ПРОЖИВАНИЯ.....	152
<i>Ахломов А. А., Мещерякова Т. С.</i> Анализ факторов, влияющих на оценку стоимости ИТ-компании в условиях санкционного давления.....	152
<i>Баженова Т. Р., Хакимова А. А.</i> Реконструкция и модернизация промышленных объектов. Актуальные проблемы и решения.....	158
<i>Бедин Б. М.</i> Влияние цифровизации на процессы управления недвижимостью.....	163
<i>Верстина Н. Г., Щепкина Н. Н., Цура В. С.</i> Качество городской среды российских городов в современных условиях.....	169
<i>Голованов Е. А.</i> Применение программных комплексов для оптимизации решения производственных задач.....	175
<i>Дмитриева Н. О.</i> Основные аспекты комплексного развития объектов инфраструктуры жилого микрорайона.....	178



<i>Донская О. О.</i> Университетский кампус как элемент формирования комфортной городской среды.....	183
<i>Дорошенко Д. Е., Рудских В. В.</i> Внедрение систем «умного дома» в эксплуатацию объектов.....	189
<i>Ельчищева Т. Ф., Скляр В. Е.</i> Нейроархитектура как определение смыслового содержания архитектуры.....	194
<i>Качанова С. В.</i> Государственная политика в формировании комфортной городской среды для проживания.....	199
<i>Кашина Е. В., Емельянова Д. М.</i> Социальный наём как инструмент решения проблем доступного жилья и формирования комфортной среды в крупных городах.....	204
<i>Коман Д. А., Саенко И. А.</i> Проблемы и перспективы развития системы материально-технического обеспечения в инвестиционно-строительной сфере деятельности.....	208
<i>Король С. Ю.</i> Применение элементов индикативного планирования в ходе планирования капитального ремонта многоквартирных домов.....	212
<i>Костылев П. Н.</i> Методика оценки сбалансированности социально-экономических подсистем в проектах комплексного развития городских территорий.....	215
<i>Крелина Е. В.</i> Интеграция ESG-подхода в девелопмент жилой недвижимости.....	219
<i>Лекомцев А. А., Шаропатова А. В.</i> Особенности развития транспортной инфраструктуры в Красноярской агломерации.....	225
<i>Мартынов Д. А., Шаропатова А. В.</i> Исследование развития объектов социальной инфраструктуры в сельских поселениях.....	229
<i>Новиков В. С.</i> Особенности влияния внешних факторов на предприятия строительного сектора экономики.....	233



<i>Прокопенко И. В.</i> Внедрение технологий информационного моделирования в управление жизненным циклом жилого микрорайона.....	238
<i>Саенко И. А., Петрова В. Ю.</i> Управление комплексным развитием территории на разных этапах жизненного цикла.....	244
<i>Сапожников А. И.</i> Проблематика интеграции средств индивидуальной мобильности (MaaS) в городскую инфраструктуру.....	248
<i>Сарченко В. И., Хиревич С. А.</i> Сравнительный анализ нормативного обеспечения урбанизированных и сельских территорий.....	254
<i>Серватинский В. В., Власов Б. И.</i> Система финансирования инвестиционных проектов в жилищном строительстве...	260
<i>Смирнов К. А.</i> Особенности формирования механизма повышения эффективности деятельности предприятий.....	265
<i>Солопова Н. А., Бутаков Н. С.</i> Кадры будущего: подготовка специалистов в условиях цифровых изменений в строительстве.....	270
<i>Толочко О. Р.</i> Нормативно-правовые аспекты формирования комфортной среды проживания в программах комплексного развития территорий.....	274
<i>Торговкина А. А., Чепелева К. В.</i> Проблемы формирования комфортной среды проживания в сельских поселениях Красноярского края.....	277
<i>Федотов Н. В.</i> Анализ и оценка ключевых факторов риска при календарном планировании строительства жилых комплексов.....	282
<i>Чепленко А. А., Мещерякова Т. С.</i> Проблемы развития кадрового потенциала строительного комплекса Мурманской области.....	287
<i>Ямщикова И. В., Калашикова Т. Ю.</i> Анализ вложений региональных бюджетов в отрасль строительства.....	295



СИБИРСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

SIBERIAN
FEDERAL
UNIVERSITY



Инженерно-
Строительный
Институт



КУЛЬТЕМСТРОЙ

СМ.СИТИ
СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА



СИБИРЯК



ОМЕГА
СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

3. BIM-ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ И ОБРАЗОВАНИИ... 301

Анищенко А. К.

Применение BIM-технологий
при организации работ по демонтажу, сносу, реконструкции зданий..... 301

Асташкевич К. М.

Система принятия организационно-технологических решений
при проектировании строительства промышленных объектов..... 306

Васильев И. В., Максимов А. В.

Применение BIM-технологий в строительном контроле..... 310

Васюченко А. Д., Курбаковских О. Д.

Опыт применения технологии информационного моделирования
в области дорожного строительства..... 316

Воронин М. А.

Автоматизация проектирования модульных жилых зданий
с использованием BIM..... 321

Гаврилов А. А.

Развитие теории расчёта и особенности учёта потери местной устойчивости
тонкостенных металлических профилей..... 325

Григорьев С. В., Люблинская А. Ю.

Исследование потребности современной строительной отрасли в возведении
модульных зданий складского типа с раскладывающимся пространственным
каркасом в сельской местности и удалённых районах строительства..... 330

Дьяченко Н. В.

Применение наземного лазерного сканирования
для планирования и организации строительства..... 334

Кашлев Р. А.

Оптимизация двутавров из CLT-панелей по теплотехническим параметрам
для сборного малоэтажного домостроения..... 340

Кизченко А. А., Кудрин А. В., Семенов А. А.

Анализ плагинов расчёта теплоизоляции
для повышения энергоэффективности архитектурных объектов..... 343

Колесникова Н. А., Колесников Д. Л., Солдатова Е. И.

Внедрение в образовательный процесс
отечественного программного продукта Renga Software..... 348

<p><i>Колотова Ю. И., Безверхая М. В., Дряблова Н. С.</i> Внедрение российских САПР-технологий обучающимся инженерных направлений.....</p>	353
<p><i>Курбаковских О. Д., Ахметьянова К. Р.</i> Аддитивное строительство. Применение ПК Ansys при проектировании несъёмной опалубки.....</p>	358
<p><i>Марчук Н. И., Виноградов Н. А.</i> Регулирование напряжённо-деформированного состояния конструкций с использованием ПЭВМ.....</p>	362
<p><i>Марчук Н. И., Курбаковских О. Д., Король В. В.</i> Креативный подход к задачам топологической оптимизации в ПК Ansys: идеи и примеры.....</p>	369
<p><i>Марчук Н. И., Максимов А. В., Курбаковских О. Д., Шириев Т. Т.</i> Исследование НДС многоэтажного здания на сейсмические воздействия динамическим методом.....</p>	374
<p><i>Михнеева А. А.</i> Усиление растянутых зон железобетонных конструкций преднапряжёнными тяжами.....</p>	379
<p><i>Морев Д. О.</i> Сравнительный анализ двутавров из CLT-панелей как несущих элементов стен сборного малоэтажного домостроения.....</p>	382
<p><i>Палагушкин В. И., Григорьев С. В., Зобнина В. Е.</i> Регулирование напряжённо-деформированного состояния строительных конструкций при статических нагрузках.....</p>	385
<p><i>Плясунов Е. Г., Лозовая О. А.</i> Эффективная форма поперечного сечения колонн многоэтажных монолитных железобетонных каркасов.....</p>	389
<p><i>Сопилов В. В., Столыпин Д. А., Лабудин Б. В., Попов Е. В.</i> Технология изготовления составных деревокомпозитных балок с комбинированными механическими связями.....</p>	395
<p><i>Тимофеев Д. С., Шалахов И. И., Пучинкин В. В., Семенов М. Ю.</i> Фундамент в виде структурной плиты из деревянных элементов для временных зданий в условиях Крайнего Севера.....</p>	402
<p><i>Храмовских М. А., Дмитриева Т. Л.</i> Анализ процесса конвертации модели из BIM-системы Renga в российские комплексы численного анализа НДС конструкций зданий.....</p>	406



<i>Шиббаева Г. Н., Белокопытов М. И.</i> Анализ методов сейсмического усиления существующей застройки.....	413
4. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	419
<i>Вересовой И. А., Емельянов Р. Т.</i> 3D-моделирование трёхмерной печати.....	419
<i>Головин К. А., Кудряшов М. А.</i> Аппарат механики сплошных сред в задачах подземного строительства.....	423
<i>Гонепровская В. Э., Трофимова О. А.</i> Применение современных материалов и технологий в решении вопросов акустики.....	429
<i>Дужий П. А., Прокудин Е. О., Николаевский В. Е., Шибряева Л. С.</i> Особенности инфракрасной спектроскопии при анализе полимерно-битумных смесей.....	436
<i>Желонин Д. Н., Емельянов Р. Т.</i> Параметрическое проектирование в среде Dynamo Revit.....	440
<i>Ибе Е. Е., Миронов С. Е.</i> Исследование эффективных строительных материалов на основе местного сырья Республики Хакасия.....	444
<i>Кондрашов М. В., Степина И. В.</i> Использование лигнин-содержащих связующих при создании композиционных материалов.....	451
<i>Корсун Н. Д., Простакишина Д. А.</i> Результаты статистической обработки отклонений формы стальных тонкостенных профилей.....	455
<i>Кочнев Е. А.</i> Блокчейн-технологии в логистике строительства.....	459
<i>Кузнецова Ю. И., Кузнецов В. А., Ярцев В. П.</i> Влияние покрытия на деформативность изделий из цементно-стружечных плит в реальных условиях эксплуатации.....	464
<i>Логинова Е. В., Плотников Е. А.</i> Рациональные методы использования керамических отходов.....	468



<i>Мисюров А. В., Ибе Е. Е.</i> Основные аспекты технологий рециклинга в строительстве на примере Республики Хакасия.....	474
<i>Морозов А. А., Турышева Е. С.</i> Вопросы автоматизации и роботизации в сфере малоэтажного строительства.....	480
<i>Мотылев Р. В., Санжара А. О.</i> Проблемы и актуальные тенденции в приспособлении для современного использования памятников промышленной архитектуры Санкт-Петербурга.....	484
<i>Пиндур С. В., Емельянов Р. Т.</i> Трёхмерная печать в строительстве.....	489
<i>Савин П. В., Охримов С. О., Прокопьев А. П.</i> Неразрушающая технология непрерывного контроля плотности дорожного материала вибрационным катком на основе искусственного интеллекта.....	494
<i>Синицкая Т. Н.</i> Особенности организационно-технологических решений при реконструкции наружного освещения в Санкт-Петербурге.....	498
<i>Сосновская А. В.</i> Вопросы обеспечения совместной работы старого и нового бетона при усилении железобетонных конструкций обетонированием.....	501
<i>Степанов С. Е.</i> Влияние механизации штукатурных работ на сокращение сроков производства отделочных работ.....	505
<i>Тарасов А. А., Тарасов И. В., Третьяков А. Д.</i> Проведение ускоренных контрольных испытаний свай статическими вдавливающими нагрузками.....	509
<i>Фрик Д. Г.</i> Кооперация лесопромышленного и строительного комплекса в рамках кластерного подхода.....	515
<i>Шулюшенков Д. С., Челночков Н. А., Емельянов Р. Т.</i> Влияние состава строительной смеси на динамику 3D-принтера.....	519
5. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	525
<i>Авласевич А. И., Андреев В. Г.</i> Экономия топлива в установках энергетики жилищно-коммунального хозяйства...	525



<i>Блинникова Е. Е.</i> Проблема класса энергоэффективности здания на примере анализа многоквартирных жилых домов Красноярска.....	530
<i>Блинникова Е. Е.</i> Расчёт гидравлических режимов тепловой сети с открытой и закрытой схемами подключения горячего водоснабжения.....	533
<i>Булавский А. А., Родкин Д. А.</i> Особенности проектирования инженерных систем водоснабжения и водоотведения спортивных комплексов....	538
<i>Быстранова А. В., Бобрик А. Г.</i> Анализ состояния питьевой воды в Ачинске и мероприятия по улучшению её качества.....	544
<i>Заворуева Е. Н., Шахматова Н. А., Заворуев В. В.</i> Характеристика загрязнения атмосферы взвешенными частицами в пяти городах Красноярского края в 2023 году.....	548
<i>Курилин С. С., Курилина Т. А., Пазенко Т. Я.</i> Комплексный подход к оценке эффективности применения реагентов фирмы Plexon.....	553
<i>Пазенко Т. Я., Курилина Т. А.</i> Влияние смеси различных реагентов на эффект очистки сточных вод.....	559
<i>Приймак Л. В., Пильвелис Д. Ю.</i> Проектирование водоотводящей сети поверхностного стока коттеджного посёлка.....	564
<i>Приймак Л. В., Романова К. И.</i> Расчёт компенсации температурных деформаций труб из полиэтилена повышенной термостойкости.....	569
<i>Приймак Л. В., Румянцев Н. Н.</i> Оценка пропускной способности водоотводящего коллектора с учётом подключения новых объектов.....	574
<i>Приймак Л. В., Свирская В. И.</i> Оценка прочности колодцев из полимерных материалов.....	579
<i>Саблина Т. В.</i> Современные достижения в области обеспечения эксплуатационной надёжности и долговечности сооружений системы газоснабжения.....	583



СИБИРСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

SIBERIAN
FEDERAL
UNIVERSITY



СМ.СИТИ
СТРАТЕГИЧЕСКАЯ ГРУППА



<i>Самадов Н. С., Дубровская О. Г.</i> Возможности использования комплексных импрегнированных сорбентов на основе активированных углей.....	588
<i>Спицов Д. В., Кулагина А. С.</i> Эффективная очистка поверхностных сточных вод площадок промышленных предприятий.....	592
<i>Таибулатова О., Дубровская О. Г.</i> Оптимизация процессов очистки поверхностных сточных вод в системах карьерного водоотведения.....	596
<i>Хахулин В. Р., Панфилов В. И., Жуйков А. В.</i> Пути совершенствования теплоснабжения.....	600
<i>Цвяк А. С.</i> Особенности водоснабжения малоэтажных посёлков.....	605
<i>Чупин В. Р., Абросимова И. А.</i> Обоснование параметров стоимости жизненного цикла строительства и эксплуатации систем водоснабжения.....	608
6. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭКОЛОГИЯ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ. НИЗКОУГЛЕРОДНОЕ РАЗВИТИЕ, НАПРАВЛЕННОЕ НА УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В РЕГИОНЕ.....	612
<i>Андрющенко Е. В.</i> Энергоэффективность и экология в строительной отрасли.....	612
<i>Веде П. Ю., Круторогова Е. В., Назиров Р. А.</i> Объёмная активность радона в воздухе подвальных помещений памятника архитектурного наследия.....	619
<i>Добросмыслов С. С., Шакирова В. А.</i> Увеличение прочностных характеристик стеклобетона методом химической обработки.....	626
<i>Драница М. В., Добросмыслов С. С.</i> Разработка структурированной наноразмерной керамики на основе гидроксипатитов.....	633
<i>Дулесов А. Н., Сущенко А. Д.</i> Анализ потерь тепла малоэтажных гражданских зданий частной застройки.....	637



<i>Жжонных А. М.</i> Синергия возобновляемых источников: обзор интеграции гибридной солнечной электростанции и геотермального отопления с тепловым насосом «грунт-вода» на едином объекте.....	642
<i>Король Е. А., Туровец П. К.</i> Анализ технологических аспектов энергоэффективного капитального ремонта многоквартирных домов.....	647
<i>Назиров Р. А., Веде П. Ю., Алиев С. А.</i> Модель расширения минеральных композиций в кольцах Ле Шателье.....	652
<i>Назиров Р. А., Веде П. Ю., Тарасов И. В.</i> Равномерность изменения объёма составов с золой Берёзовской ГРЭС при твердении на воздухе и в воде.....	656
<i>Портнягин Д. Г., Иванов Р. О.</i> Анализ методов расчёта влажностного режима наружных ограждающих конструкций.....	661
<i>Халимов О. З.</i> Создание геопарка в Хакасии как фактор снижения загрязнений воздушного бассейна Южно-Минусинской котловины.....	665

1. ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА – ОСНОВА РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

УДК 338.28

ЭКОНОМИКА ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ В СФЕРУ ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА

Р. З. Азизов, аспирант

*Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
Казань, Россия*

Аннотация. Целью данной работы является анализ применения технологии больших данных (Big Data) и интеллектуальных транспортных систем (далее – ИТС) для повышения безопасности дорожного движения в России на примере проекта «Безопасные и качественные дороги». Методы исследования включали сравнительный анализ литературных источников и данных, связанных с использованием данных технологий для мониторинга состояния дорожного покрытия и управления транспортными потоками. В результате выявлены ключевые преимущества внедрения Big Data и ИТС, включая оптимизацию управления движением и повышение безопасности. Предложены рекомендации по адаптации технологий к российским условиям.

Ключевые слова: *Big Data, интеллектуальные транспортные системы, дорожная инфраструктура, мониторинг*

Современная дорожная инфраструктура в России сталкивается с множеством проблем, которые оказывают существенное влияние на экономику регионов. Ключевые проблемы включают перерасход бюджетных средств, коррупционные риски, несоблюдение сроков выполнения ремонтных работ, а также неэффективное управление ресурсами [1–3]. Эти сложности усугубляются как обширной территорией страны, так и суровыми климатическими условиями, что требует внедрения инновационных технологий для обеспечения надёжного мониторинга и долговечности дорожного покрытия. Одним из эффективных решений является использование технологий *Big Data*, которые позволяют автоматизировать анализ больших объёмов данных, прогнозировать износ дорожного покрытия и управлять рисками [4; 5].

Одним из наиболее успешных примеров использования технологий *Big Data* в России является проект «Безопасные и качественные дороги» (далее – БКД), стартовавший в 2017 г. [6]. Этот проект направлен на мониторинг дорожного движения, анализ интенсивности транспортных потоков и оперативное управление дорожной ситуацией. Ключевая роль *Big Data* в рамках проекта заключается в сборе и обработке данных, поступающих

от датчиков, видеокамер, *GPS*-устройств и мобильных приложений, что позволяет отслеживать потоки транспорта, оценивать загруженность дорог и оперативно реагировать на аварийные ситуации [7].

В процессе реализации проекта в регионах России активно внедряются ИТС, использующие технологии *Big Data* для мониторинга и управления транспортными потоками. Основная цель ИТС – оптимизация дорожного движения и повышение безопасности на дорогах [7]. Внедрены технологические решения, направленные на улучшение дорожной инфраструктуры и управление транспортными системами. В табл. 1 представлены ключевые результаты, связанные с использованием этих технологий.

Таблица 1

Преимущества внедрения ИТС для мониторинга и управления
дорожной инфраструктурой [6]

Функция внедрения ИТС	Описание функции	Результаты внедрения ИТС
Оптимизация управления дорожной инфраструктурой	Внедрение ИТС позволило автоматизировать регулирование транспортных потоков, улучшив работу «умных» светофоров и других систем мониторинга. Это способствует снижению заторов и повышению пропускной способности.	Снижение заторов и повышение пропускной способности дорог на 10–25 %
Повышение безопасности на дорогах	Установка систем контроля дорожного движения, таких как камеры фиксации нарушений и детекторы транспорта, позволяет оперативно выявлять аварийные ситуации и снижать количество ДТП, что повышает общую безопасность движения.	Сокращение количества ДТП на 15–30 %
Улучшение мониторинга и контроля дорожной обстановки	Использование метеостанций и термокос помогает отслеживать состояние дорожного покрытия и погодные условия, что позволяет своевременно принимать меры для улучшения условий движения.	Улучшение условий движения на 20–35 %
Разгрузка центральных улиц городов	Стационарные комплексы контроля парковочного пространства способствуют снижению загруженности центральных улиц, что улучшает условия передвижения ТС.	Снижение загруженности центральных улиц на 5–20 %
Эффективное использование бюджетных средств	Проект демонстрирует рациональное использование средств на модернизацию дорожной инфраструктуры, направляя финансирование на установку оборудования и разработку новых решений для управления транспортными потоками.	Снижение затрат на содержание и ремонт дорожной инфраструктуры на 10–20 %
Информационная безопасность	Внедрение программно-аппаратных комплексов для защиты данных минимизирует риски хакерских атак и утечки информации, обеспечивая безопасность ИТС.	Снижение рисков утечек информации и хакерских атак на 20–40 %

По информации Министерства транспорта РФ, в дальнейшем планируется расширение функциональных возможностей ИТС, что включает в себя улучшение интеграционной платформы, установку нового оборудования для повышения точности мониторинга и совершенствование управления транспортными потоками.

Проект БКД уже доказал свою эффективность в контроле за дорожным движением и оперативном управлении транспортными потоками. Тем не менее потенциал применения технологий *Big Data* значительно шире и может быть направлен не только на мониторинг транспортных потоков, но и на контроль качества дорожного полотна.

Мониторинг дорожного покрытия, особенно в таких обширных регионах, как Россия, сталкивается с рядом дополнительных трудностей, связанных с географическими и климатическими особенностями страны. Российская дорожная сеть охватывает тысячи километров дорог, многие из которых расположены в труднодоступных районах. Это существенно затрудняет установку и эксплуатацию стационарных датчиков, используемых для мониторинга инфраструктуры – например, мостов и других инженерных сооружений. Для эффективного мониторинга дорожного покрытия требуется адаптация существующих технологий под региональные условия. Кроме того, суровые климатические условия, такие как низкие температуры зимой и сильные снегопады, создают дополнительные сложности для сбора данных о состоянии дорог [8]. Эти факторы способствуют ускоренному износу дорожного покрытия, что увеличивает частоту проведения ремонтных работ. В этой связи требуются комплексные решения для сбора и анализа данных, которые позволят отслеживать состояние дорожного полотна в реальном времени.

Таким образом, основная проблема мониторинга дорожного покрытия в регионах России заключается не только в обширности дорожной сети, но и в необходимости адаптации технологий под различные эксплуатационные условия. Для эффективного решения этой задачи необходимы гибкие и многофункциональные подходы, которые позволят обеспечить надёжный контроль состояния дорог. Применение адаптивных систем и технологий, описанных в табл. 2, способствует повышению качества мониторинга и планирования ремонтных работ, что, в свою очередь, повышает безопасность и долговечность дорожной инфраструктуры.

Внедрение предложенных решений по мониторингу состояния дорожного полотна обеспечит повышение качества управления дорожной инфраструктурой в различных регионах России. Комплексный подход к мониторингу позволит создать условия для более надёжного и долговечного содержания дорожного покрытия.

Возможные решения проблем мониторинга дорожного полотна
в регионах России [8]

Решения проблем мониторинга	Описание
Мобильные системы мониторинга	Использование мобильных датчиков, установленных на транспорте, позволяет собирать данные о состоянии дорожного покрытия во время движения по маршрутам.
Использование автомобилей	Современные автомобили оснащены бортовыми системами, которые могут собирать информацию о состоянии дороги в режиме реального времени (например, вибрации и удары при проезде неровностей). Эти данные могут отправляться в центральную базу для анализа. Сбор информации можно реализовать через сотрудничество с автопроизводителями и транспортными компаниями.
Дроны с функцией анализа состояния дорог	Применение дронов для регулярного мониторинга позволяет оперативно получать информацию о состоянии дорог в труднодоступных и удалённых регионах.
Интеграция метеоданных с системами мониторинга	Использование данных о погодных условиях для прогнозирования износа дорожного покрытия и планирования ремонтных работ в зависимости от сезонных изменений.
Применение умных материалов с встроенными сенсорами	Внедрение инновационных дорожных покрытий с сенсорами, позволяющими отслеживать изменения состояния материала, такие как износ или повреждения.
Установка стационарных датчиков в наиболее критических местах	Размещение стационарных датчиков в зонах с повышенной нагрузкой или высокой вероятностью образования дефектов – например, на подъездных путях к мостам и тоннелям.
Адаптация технологий для суровых климатических условий	Разработка специальных датчиков и оборудования, которые могут функционировать в экстремальных климатических условиях, таких как низкие температуры, сильный ветер и высокие снеговые нагрузки. Это обеспечит более надёжный мониторинг в северных и восточных регионах России.
Создание единой интеграционной платформы для анализа данных	Объединение данных с различных источников (например, стационарных датчиков, мобильных сенсоров, дронов, спутниковых снимков) в единую интеграционную платформу на основе <i>Big Data</i> .

Перспективное направление дальнейших исследований связано с применением технологий искусственного интеллекта (далее – ИИ) для анализа данных и прогнозирования потенциальных проблем с дорожным покрытием. Применение ИИ даст возможность точнее выявлять дефекты на ранних этапах их появления, а также разрабатывать проактивные меры по ремонту и восстановлению дорожных объектов. Это позволит

снизить риски, улучшить планирование работ и повысить экономическую эффективность управления дорожной сетью, что в конечном итоге способствует устойчивому развитию транспортной инфраструктуры на долгосрочную перспективу.

Список источников

1. Лазаренко Д. Ю. Строительный контроль в дорожной отрасли: вызовы и возможности // Управленческий учёт. 2024. № 7. С. 178–183.

2. Бахарева О. В. Институты инновационного развития региона / О. В. Бахарева, А. И. Романова // Научная мысль. 2019.

3. Романова А. И. Инвестиционное стимулирование рынка строительных услуг // Известия КГАСУ. 2010. № 2 (14). С. 339–344.

4. Пихтовникова М. Т. Применение больших данных в автоматизации дорожного движения / М. Т. Пихтовникова, Н. В. Захаренко // Компьютерные системы и сети: матер. 60-й НК. 2024. С. 635–639.

5. Азизов Р. З. Применение цифровых технологий для мониторинга экономической безопасности региона // Социальные и экономические системы. 2024. № 10 (60). С. 101–112.

6. Интеллектуальные транспортные системы внедряют в 56 субъектах страны // Министерство транспорта РФ. URL: mintrans.gov.ru/press-center/news/11185.

7. Третьякова М. Л. Роль интеллектуальных транспортных систем и технологий в экономике // Е.Р.А. – Современная наука: электроника, робототехника, автоматизация. 2024. С. 302–304.

8. Байц О. Н. Интеллектуальные транспортные системы как инструмент повышения точности учёта интенсивности движения // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации: матер. НК. Омск: СибАДИ, 2023. С. 206–209.

ИСТОРИОГРАФИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ УЧАСТКАХ АВТОДОРОГ В РЕСПУБЛИКЕ ХАКАСИЯ

Н. А. Бекетова, магистрант
*Хакасский технический институт –
филиал Сибирского федерального университета, Абакан, Россия*

Аннотация. Рассмотрена историография гидрогеологических исследований на оползнеопасных участках автодорог Республики Хакасия: Абакан – Подсинее и Братский мост. Силами студентов Хакасского технического института (филиала Сибирского федерального университета) методом геотехнического мониторинга проводились многолетние измерения в наблюдательной скважине у моста Абакан – Подсинее и Братского моста, в т. ч. на разных глубинах колодца и репера, наклона земполотна и асфальтированной одежды автодорог рейкой и гидрологические замеры уровня грунтовых вод в пьезометрической скважине. Показана значимость изучения историографии для ликвидации проблем на оползнеопасных участках автодорог.

Ключевые слова: *историография гидрогеологических исследований, геотехнический мониторинг, склоновые оползни, солифлюкция*

Антропогенное осваивание территорий земли человеком вызывает опасные экзогенные геологические процессы в виде дефляции почв, оползней и др., причиняющие экономический, экологический ущерб, а иногда и угрозу здоровью и жизни людей. Согласно международной статистике, до 80 % современных оползней связано с деятельностью человека. Протяжённость автомобильных дорог общего пользования в РФ в конце 2023 г., по статистическим данным, составляет 1 579 290,8 км, в т. ч. федерального значения – 65 173,9 км, регионального – 502 377 км, местного – 1 011 739,9 км [1], а их строительство, перераспределение грунтов, изменение рельефа, как следствие, ведёт к следующим экзогенным геологическим процессам: изменения режима гидротермических и мерзлотных процессов в местах нарушения и уничтожения растительного покрова, связанные с подрезкой и перегрузкой склонов – к склоновым оползням вблизи автомобильных дорог, что сопровождается вывалом грунта в кювет и на автомобильную дорогу. Ежегодный вывоз оползневого грунта тяжёлой техникой с автомобильной дороги в результате стал тяжёлым бременем для бюджета регионов.

В Респ. Хакасия (далее – РХ) проблема склоновых оползней ярко выражена в двух местах: на участке автомобильной дороги Абакан – Минусинск у ж/д моста с. Подсинее, и на участке автомобильной дороги Р-257 (ранее – М-54) перед Братским мостом.

В подтверждение приведём цифры вывоза грунта с участков автодороги Р-257 тяжёлой техникой (экскаватор, бульдозер и самосвалы) для свободного движения автомобильного транспорта: по данным дорожной организации ФКУ Упрдор «Енисей», за период с 2019 по 2024 гг. было вывезено грунта от 1 200 до 16 994 м³, а с 01.05 по 20.07.2024 было вывезено 9 000 м³ грунта.

Историография гидрогеологических исследований оползнеопасных участков у автодорог в РХ продолжается более 10 лет, согласно обнаруженным в открытых источниках научным статьям сотрудников и студентов ХТИ с 2003 г., когда началась эксплуатация Братского моста, построенного через Енисей, и соединившего Алтайский р-н РХ (левый берег) и Минусинский р-н Красноярского края (правый берег).

Первый доклад о склоновых оползнях на автомобильных дорогах РХ был представлен на 4-й международной научно-технической конференции в Абакане 23–25.05.2013, с публикацией в Абаканском сборнике «Современные трансформационные экономические и социально-экономические процессы» за 2013 г., студенткой ХТИ В. Р. Кодировой под руководством канд. техн. наук О. З. Халимова [2] со схемой поверхности скольжения оползня в марте 2013 г., а также с рекомендацией необходимости мониторинга для выяснения причин смещения оползневых тел на автомобильную дорогу М-54 перед Братским мостом.

Затем, после 7-летнего перерыва, по теме оползней у автомобильных дорог РХ была представлена статья на 11-й международной научно-технической конференции в Новосибирске 12–13.11.2020 с публикацией в журнале «Политранспортные системы», студентами ХТИ А. А. Лыспаковой и М. А. Корнелюк под руководством канд. техн. наук О. З. Халимова.

В [3] были изучены все возможные причины возникновения оползневых процессов на автомобильной дороге Абакан – Подсинее, в т. ч.:

1) присутствие в дорожной насыпи грунтов, увлажнённых подземными водами, в связи с прекращением процесса водоотведения из-за оползневого подъёма двух плит водоотводного железобетонного лотка;

2) существование в природных грунтах наклонного угла залегания 13,7 %;

3) наличие постоянного влияния на расстоянии 20 м от тела оползня динамических воздействий от движения железнодорожных составов;

4) по СП 115.13330.2016 была определена геофизическая опасность природных процессов данной территории: по геологическим процессам и явлениям пучения грунтов – опасные; по сейсмическому воздействию с фоновой сейсмической интенсивностью изысканий – 7–8 баллов – опасные; по категории опасности природных воздействий оползневых процессов – чрезвычайно опасные;

5) выше ж/д полотна были обнаружены грунтовые воды без свободного выхода за автодорогой;

6) главная причина ускоряющихся оползневых процессов – некачественное выполнение поперечного дренажа.

Третьим исследованием по теме оползневых процессов в РХ стала статья канд. техн. наук О. З. Халимова на всероссийской (национальной) научной конференции в Санкт-Петербурге 11.12.2020 [4]. В данной статье были проанализированы оба участка автодорог с оползневыми процессами, в т. ч. автомобильной дороги вблизи Братского моста и моста Абакан – Подсинее.

Четвёртым исследованием по данной теме стала статья студентов ХТИ А. А. Лыспаковой и М. А. Корнелюк 2021 г. [5]. Авторы проанализировали события 2003 г., когда после землетрясения произошёл первый оползень перед мостом через Енисей по автодороге Абакан – Подсинее и были проведены инженерные геологические изыскания на автомобильной дороге М-54 Абакан – Подсинее.

Пятым исследованием по данной теме стала статья студента ХТИ Д. О. Легонькова под руководством канд. техн. наук О. З. Халимова 2023 г. [6]. Автор написал о личном опыте применения технологии разных методов геотехнического мониторинга в двух дренажных и одном наблюдательном колодцах на стадиях эксплуатации и реконструкции автомобильной дороги Абакан – Подсинее. В указанных колодцах, послуживших площадками для исследований, были установлены маяки наблюдений по всем сторонам света на всех стыках колец. Также были установлены маяки для фиксации смещений обсадной трубы – репера. Для контроля уровня грунтовых вод в наблюдательном колодце был установлен уровень воды.

В шестое исследование по данной теме можно включить две статьи канд. техн. наук О. З. Халимова 2021 г., опубликованные в Пензе [7] и в Абакане [8].

Из многолетних наблюдений за оползневыми процессами студентами и преподавателями ХТИ видно, что данные процессы происходят преимущественно в период промерзания, что подтверждает гипотезу о преобладании солифлюкции над гелифлюкцией, несмотря на то, что воды от полива дач и дождей в летний период значительно больше.

Благодаря исследованиям, проведённым сотрудниками и студентами ХТИ, можно дать следующие рекомендации во избежание многолетних расходов из бюджета на уборку оползневых грунтов с автомобильной дороги Р-257 (около 500 м) перед Братским мостом через Енисей: необходимо кардинально поменять систему полива дачных участков и сделать головной дренаж.

Список источников

1. Транспорт // ФСГС. URL: rosstat.gov.ru/statistics/transport.
2. Халимов О. З. Анализ возможных и существующих оползневых участков автодороги М-54 перед Братским мостом / О. З. Халимов, В. Р. Кодирова // Современные трансформационные экономические и социально-политические процессы: матер. 4-й междунар. НПК. Абакан, 2013. С. 281–285.

3. Халимов О. З. Анализ причин и вариантов устранения оползня на дороге Абакан – Подсинее / О. З. Халимов, А. А. Лыспакова, М. А. Корнелюк // Политранспортные системы: матер. 11-й междунар. НПК. Новосибирск: СГУПС, 2020. С. 115–119.

4. Халимов О. З. Анализ оползневых процессов на дорогах Хакасии перед мостами через Енисей с позиций всех этапов жизненного цикла сооружений // Фундаментальные и прикладные исследования. Актуальные проблемы и достижения: матер. всеросс. (нац.) НК. СПб., 2020. С. 13–18.

5. Лыспакова А. А. Мониторинг оползневого процесса по дороге Абакан – Подсинее / А. А. Лыспакова, М. А. Корнелюк // Проспект Свободный: матер. 17-й междунар. НК. Красноярск: СФУ, 2021. С. 1996–1998.

6. Легоньков Д. О. Опыт геотехнического сопровождения на этапе эксплуатации дороги Абакан – Подсинее после её реконструкции / Д. О. Легоньков, О. З. Халимов // Проспект Свободный: матер. 19-й междунар. НК. Красноярск: СФУ, 2023. С. 2466–2468.

7. Халимов О. З. От производственной практики к научно-исследовательской работе студентов // Проблемы управления качеством образования: матер. всеросс. НПК. Пенза: ПГАУ, 2021. С. 123–127.

8. Халимов О. З. Геотехнический консалтинг на этапах жизненного цикла проекта устранения оползня на автомобильной дороге Абакан – Подсинее // Вестник ХГУ им. Н. Ф. Катанова. Абакан, 2021. № 2 (36). С. 23–27.

ОЦЕНКА НАДЁЖНОСТИ НАСЫПИ ПО КРИТЕРИЮ ВЫПУКЛОСТИ ОРЕОЛА ОТТАИВАНИЯ

Т. В. Гавриленко, канд. техн. наук, доцент;

В. В. Губченко, магистрант

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Описывается математическая постановка и компьютерная реализация критерия надёжности насыпи с ореолом оттаивания в основании сооружения. В качестве критерия рассматривается требование выпуклого пологого очертания ореола оттаивания. Граница оттаивания моделируется интерполяционным кубическим сплайном, что позволяет выполнить проверку выпуклости ореола оттаивания по математическому неравенству. Формализация данного критерия даёт возможность использовать его при оценке надёжности насыпи по трём критериям одновременно методом Монте-Карло.

Ключевые слова: надёжность насыпи, многолетнемёрзлые грунты, ореол оттаивания, критерии надёжности, кубический сплайн, метод Монте-Карло

При оценке общей устойчивости насыпи, проектируемой в криолитозоне с допущением ореола оттаивания в её основании, согласно отраслевому нормативному документу ОДМ 218.2.094-2018, должны быть выполнены условия не только по допустимой величине осадки в различных сечениях, но и форме ореола оттаивания [1]. Нижняя граница деятельного слоя должна иметь пологое очертание и выпуклую форму, как это показано на рис. 1.

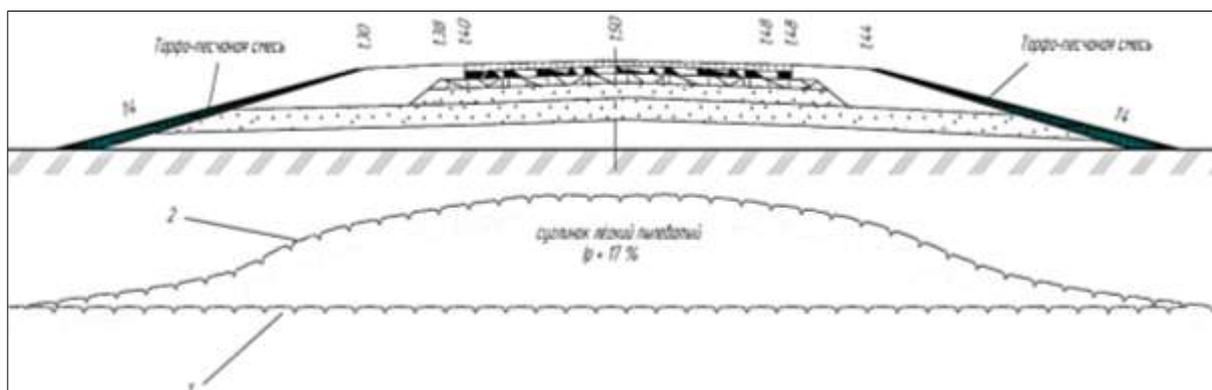


Рис. 1. Насыпь, проектируемая по второму принципу:

- 1 – верхняя граница многолетнемёрзлого слоя в бытовом состоянии местности;
- 2 – граница между мёрзлым и сезонно-талым грунтом после постройки насыпи

Если условия по допустимой величине осадки насыпи сравнительно просто описываются математическими неравенствами, то третий критерий представлен в нормативном документе как качественный признак, определяемый визуально. При вероятностной оценке надёжности насыпи, когда

требуется проводить большое количество статистических испытаний, этот признак тоже должен быть формализован и запрограммирован так, чтобы компьютер мог проверить его выполнимость по каким-либо математическим критериям. Для этого нужно задать математическую функцию, которая будет описывать нижнюю границу сезонно-талого слоя под насыпью.

Рассмотрим задачу для исходных данных из примера, приведённого в [2], где оценивалась надёжность насыпи по допустимой величине её осадки. Сначала по методике [1] определим глубину деятельного слоя в характерных сечениях поперечного профиля насыпи, проходящих через кромку подошвы, середину откоса, бровку земляного полотна, границу проезжей части и ось насыпи. Эти точки назовём опорными, т. к. через них будет проходить функция, моделирующая нижнюю границу сезонно-талого слоя.

Введём систему координат и за её начало примем пересечение осей, проходящих по подошве насыпи (горизонтальная ось X , направленная вправо) и через середину поперечного профиля (вертикальная ось Y , направленная вниз). Тогда опорные точки будут иметь координаты x_i и y_i , где x_i – проекция i -й опорной точки на ось x ; y_i – расстояние от подошвы насыпи до границы между сезонно-талым слоем и мёрзлой зоной. Значения координат приведены в табл. 1.

Таблица 1

Координаты узлов сплайна (опорных точек) и коэффициенты сплайна

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$x_i, \text{ м}$	-11,52	-8,76	-6	-3,5	0	3,5	6	8,76	11,52
$y_i, \text{ м}$	-0,1631	-0,1100	-0,0597	-0,0510	-0,0460	-0,0510	-0,0597	-0,1050	-0,1581
B_i	0,0139	0,0220	0,0103	0,0009	0,0001	-0,0013	-0,0093	-0,0203	-0,0163
C_i	0,0028	0,0001	-0,0044	0,0007	-0,0009	0,0005	-0,0037	-0,0003	0,0017
D_i	-0,0003	-0,0005	0,0007	-0,0001	0,0001	-0,0006	0,0004	0,0002	0,0002

На рис. 2 опорные точки, определяющие нижнюю границу деятельного слоя после постройки насыпи, показаны маркерами.

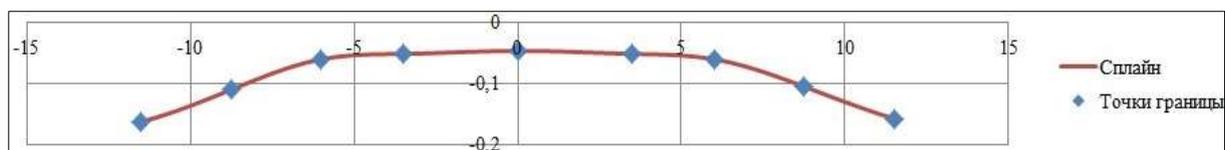


Рис. 2. Опорные точки и сплайн, моделирующий ореол оттаивания

В пределах подошвы насыпи границу между мёрзлой и сезонно-талой зонами можно описать функцией $f(x)$. В её качестве применим интерполяционный кубический сплайн – функцию, склеенную из кусочков кубических полиномов:

$$S_i(x) = y_i + B_i(x - x_i) + C_i(x - x_i)^2 + D_i(x - x_i)^3, \quad (1)$$

где x_i, y_i – абсциссы и ординаты узлов сплайна; B_i, C_i и D_i – коэффициенты сплайна, определяемые на интервалах $x_i \leq x \leq x_{i+1}$ при $i = 1, 2, \dots, n - 1$; n – количество узлов сплайна [3].

Чтобы такая функция считалась сплайном, на неё накладываются дополнительные ограничения:

– на всей области определения кубический сплайн должен иметь непрерывные первую и вторую производные;

– в узлах сплайна его значения должны совпадать со значениями ординат опорных точек y_i ;

– на границах области определения сплайна задаются естественные граничные условия, т. е. в пограничных узлах $S_1''(x_1) = S_n''(x_n) = 0$.

Коэффициенты сплайна (1) находились в программе *Excel* с помощью макроса, написанного на языке *Visual Basic Application (VBA)* по алгоритму, изложенному в [4]. Их значения приведены в табл. 1, а сама функция показана на рис. 2.

Условие выпуклости функции означает, что для любых двух точек z_1 и z_2 из области определения функции $f(x)$ выполняется неравенство:

$$\frac{f(z_1) + f(z_2)}{2} < f\left(\frac{z_1 + z_2}{2}\right). \quad (2)$$

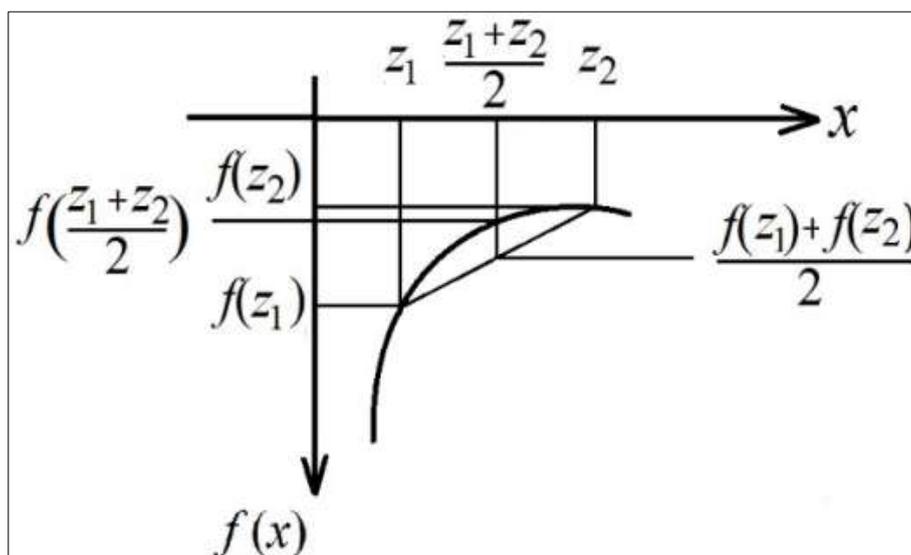


Рис. 2. Графическая интерпретация условия выпуклости

Выполним проверку условия (2) для нескольких пар точек из области определения функции. Аргументы и значения функции на соответствующих парах точек приведены в табл. 2. Для всех рассмотренных пар точек значения в столбце 7, соответствующие левой части неравенства (2), меньше значений в столбце 8, соответствующих правой части неравенства (2). Следовательно, условие выпуклости ореола оттаивания выполнено.

Таблица 2

Проверка выпуклости ореола оттаивания по критерию (2)

Проверка выпуклости между точками	z_1	z_2	$\frac{z_1 + z_2}{2}$	$S(z_1)$	$S(z_2)$	$\frac{S(z_1) + S(z_2)}{2}$	$S\left(\frac{z_1 + z_2}{2}\right)$	Условие выполнено
x_1 и x_4	-11,52	-3,50	-7,51	-0,1631	-0,1100	-0,1365	-0,0834	да
x_1 и x_5	-11,52	0,00	-5,76	-0,1631	-0,0460	-0,1045	-0,0575	да
x_2 и x_4	-8,76	-3,50	-6,13	-0,1100	-0,0510	-0,0805	-0,0611	да
x_5 и x_8	0,00	8,76	4,38	-0,0460	-0,1050	-0,0755	-0,0521	да
x_5 и x_9	0,00	11,52	5,76	-0,0460	-0,1581	-0,1020	-0,0577	да
x_6 и x_8	3,50	8,76	6,13	-0,0510	0,1050	-0,0780	-0,1076	да

Таким образом, численно на компьютере реализован алгоритм проверки критерия надёжности насыпи, представляющий собой качественный признак выпуклости ореола оттаивания, что позволит применить метод Монте-Карло к оценке надёжности насыпи одновременно по всем трём критериям. Описание решения задачи методом Монте-Карло изложено в [5].

Список источников

1. ОДМ 218.2.094-2018. Методические рекомендации по проектированию земляного полотна автомобильных дорог общего пользования из местных талых и мёрзлых переувлажнённых глинистых и торфяных грунтов в зонах распространения многолетнемёрзлых грунтов / Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). М., 2018. 49 с.

2. Гавриленко Т. В. Оценка параметрической надёжности насыпи, проектируемой в зоне распространения многолетнемёрзлых грунтов по 2-му принципу / Т. В. Гавриленко, О. А. Иванова // Дороги и мосты. 2020. № 44/2. С. 74–90.

3. Математическая энциклопедия. Т. 5 / под ред. И. М. Виноградова. М.: Советская энциклопедия, 1977. С. 143–146.

4. Форсайт Д. Машинные методы математических вычислений / Д. Форсайт, М. Малькорм, К. Моулера. М.: Мир, 1980. 280 с.

5. Гавриленко Т. В. Исследование надёжности дорожной насыпи, проектируемой в I дорожно-климатической зоне, методом Монте-Карло / Т. В. Гавриленко, А. С. Михайлова // Автомобильные дороги I дорожно-климатической зоны: матер. всеросс. НПК. Якутск: СВФУ им. М. К. Аммосова, 2023. С. 5–9.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Г. С. Гришко, канд. техн. наук, доцент
Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Статья посвящена прогнозным исследованиям в области применения современных материалов для строительства дорог, в частности полимерных и композитных покрытий. Показано, что анализ динамики патентования с использованием моделей роста популяций и методов спектрального анализа позволяет выявить ключевые тенденции в развитии, в частности модульные дорожные системы. Особое внимание уделено перспективам внедрения технологий на основе переработанных пластиков, обеспечивающих экономическую и экологическую эффективность при строительстве дорожной инфраструктуры.

Ключевые слова: строительство дорог, прогнозные исследования, полимерные материалы, композитные покрытия, модульные системы, патентная активность, экологическая устойчивость, переработанные пластики, спектральный анализ, технологическое развитие

Развитие транспортной инфраструктуры оказывает существенное влияние на экономику и социальное развитие любого региона. Качественная дорожная сеть обеспечивает бесперебойное перемещение людей и грузов, улучшает доступ к товарам, услугам и возможностям для развития бизнеса. Данные факторы являются очень существенными для отдалённых регионов и территорий с затруднённой логистикой, в которых дороги открывают доступ к рынкам, повышают мобильность населения и стимулируют экономическую активность.

Однако, традиционно дорожное строительство сталкивается с большим количеством проблем, особенно в нашей стране. Среди этих проблем одной из самых актуальных является быстрый износ традиционных дорожных покрытий. Под постоянным воздействием колебаний температуры, осадков и химических реагентов асфальтовые и бетонные покрытия очень быстро разрушаются. Кроме того, необходимо учитывать экологические последствия производства и утилизации материалов.

Всё это в совокупности определяет актуальность разработки инновационных технологий, нацеленных на продление срока службы дорог и снижение расходов на их техническое обслуживание и ремонт. Одним из таких решений является применение пластиковых композитных материалов с высокой гибкостью и долговечностью, а также потенциалом сокращения сроков строительства за счёт использования модульных дорожных систем.

Использование инновационных материалов в дорожном строительстве обусловлено потребностью в долговечных, прочных и относительно экологически чистых технических решениях, которые могут выдерживать суровые условия эксплуатации. Постоянное увеличение транспортных нагрузок и ужесточение экологических требований делают традиционные материалы менее актуальными.

В таких условиях актуальной задачей является разработка научно обоснованного подхода к выбору технологии, которая может обеспечить наибольшую устойчивость к различным внешним факторам, таким как изменение климата или интенсивное механическое воздействие. Прогнозные исследования [1] играют основополагающую роль в этом процессе, т. к. помогают выявлять тенденции в технологическом развитии и предлагать оптимальные инновационные решения с прицелом на будущее.

Анализ патентной активности в области разработки дорожных материалов позволяет определить, какие области исследований получают больше всего ресурсов и какие решения обретают активное международное признание в виде получения национальных патентов и защиты интеллектуальной собственности. При этом математические модели (например, модели роста популяций [2]) позволяют проводить сравнительный анализ различных технологических направлений и прогнозировать, какие инновации будут доминировать в ближайшие годы, а какие уже практически исчерпали ресурсы для своего развития.

Такой подход особенно актуален для стран с быстрым развитием дорожной сети, где требования к качеству дорог растут вместе с увеличением количества транспортных средств и грузовых перевозок. Технологии прогнозирования позволяют государственным и частным организациям быть готовыми к внедрению новых материалов, а также оптимизировать затраты на строительство и ремонт. Для анализа патентной активности в дорожном строительстве предлагается использовать несколько математических подходов, которые дают более полное представление о тенденциях и перспективах развития различных технологий.

Первым направлением является использование одной из моделей роста популяции [3], описывающих развитие технологического направления через увеличение общего количества патентов в данной области с естественным дальнейшим насыщением. Это аналогично тому, как в природе растёт популяция биологических видов: на начальном этапе нового технологического направления наблюдается быстрый рост числа патентов, что свидетельствует о значительном интересе к области. По мере насыщения рынка рост замедляется, что свидетельствует о том, что технология достигла зрелости.

Вторым подходом является спектральный анализ, который помогает выявить скрытые циклы и закономерности в развитии инноваций [4]. Этот метод позволяет определять, когда интерес к определённым технологиям растёт, а когда активность снижается. Например, циклы роста и спада патентной активности могут указывать на то, что сначала разрабатываются

базовые принципы, затем следует серия оптимизаций, и, наконец, технология достигает зрелости, после чего интерес постепенно угасает до появления новых материалов и разработок.

Предложенные методы позволяют оценить потенциал конкретных технологий и дают представление об их потенциале для применения в дорожном строительстве. Исследование патентной активности в данной области выявило несколько важных тенденций, которые в перспективе могут оказать значительное воздействие на отрасль.

Во-первых, существенно вырос интерес к полимерным и композитным материалам, которые стали особенно популярны благодаря своей высокой износостойкости, гибкости, способности выдерживать резкие перепады температур и воздействие химических веществ. Это делает их перспективными для использования в условиях, когда традиционные материалы, такие как асфальт, имеют ограниченный ресурс и достаточно быстро разрушаются под нагрузкой при интенсивной эксплуатации. Полимеры позволяют создавать покрытия, которые могут служить дольше, сохраняя высокие эксплуатационные характеристики.

Во-вторых, спектральный анализ показывает, что развитие любых технологий, в т. ч. и технологий дорожного строительства, происходит циклически и скачкообразно. При этом периоды технологического насыщения сменяются инновационными прорывами. Например, в последние годы появились модульные системы, в которых элементы дорожного покрытия изготавливаются заранее, а затем быстро собираются на месте. Это открывает новые возможности для быстрой и эффективной замены повреждённых участков дорог без необходимости капитального ремонта.

Наконец, ключевой тенденцией последних лет стал растущий интерес к экологически чистым технологиям. Материалы из переработанного пластика становятся всё более востребованными, т. к. на их основе возможно создание надёжных дорожных покрытий, а при производстве осуществляется процесс утилизации отходов. Патентная активность в этой области свидетельствует о том, что экологические технологии становятся приоритетными для многих стран, особенно тех, где управление отходами является насущной проблемой. Будущее дорожного строительства основано на инновационных технологиях, обеспечивающих экономическую эффективность и устойчивое развитие.

Одним из наиболее перспективных направлений совершенствования технологий дорожного строительства является использование модульных дорожных покрытий, которые собираются из отдельных элементов, предварительно изготовленных на заводах. Это не только ускоряет строительство, но и упрощает ремонт дорог. Повреждённые элементы можно легко заменить без необходимости перекрывать всю дорогу и минимизировать нарушение движения. Эта технология соответствует подгруппе *E01C 5/20* международной патентной классификации (МПК) «Дорожные покрытия из предварительно сформированных отдельных элементов из пластиковых материалов».

Данные покрытия, изготовленные из переработанного пластика, позволяют существенно снизить эксплуатационные расходы, себестоимость продукции и решить проблему утилизации отходов. Это делает модульные покрытия экономически выгодными, а также экологически безопасными, что особенно важно в современных условиях перехода к устойчивому развитию.

Итак, прогнозные исследования в области дорожного строительства показывают, что наибольшую перспективу имеют инновационные материалы, которые предлагают как экономические, так и экологические преимущества. Использование модульных систем из пластиковых материалов может стать одним из основных направлений для развития дорожной инфраструктуры, способствуя региональному экономическому росту и повышению качества жизни населения.

Список источников

1. Кристенсен К. М. Дилемма инноватора: как из-за новых технологий погибают сильные компании / пер. с англ. Т. Овсенева. М.: Альпина Бизнес Букс, 2012. 238 с.

2. Гришко Г. С. Прогнозирование развития технологий дорожного строительства на основе анализа динамики патентования и логистической модели роста популяций // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании: матер. 8-й междунар. НК в 4 ч. Ч. 3. Красноярск: КГПУ им. В. П. Астафьева, 2024. С. 147–151.

3. Соколов С. В. Модели динамики популяций: учеб. пособие. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018.

4. Гришко Г. С. Оценка цикличности развития строительно-дорожной техники на основе патентной информации // Инновационное развитие подъемно-транспортной техники: матер. всеросс. НПК. Брянск: БГТУ, 2022. С. 42–48.

ПАРАМЕТРЫ ТРАНСПОРТНОГО ПУТИ ДОРОГ ЗИМНЕГО ДЕЙСТВИЯ

И. М. Исламова, аспирант;

А. П. Мохирев, д-р техн. наук, профессор

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Дороги зимнего действия играют ключевую роль в обеспечении транспортной доступности отдалённых и труднодоступных регионов, особенно в северных областях. Безопасность и эффективность эксплуатации таких дорог требуют тщательного анализа и учёта различных факторов, включая сроки эксплуатации, пропускную способность и воздействие природно-климатических условий. Исследование данных параметров позволяет оптимизировать работу зимних дорог, улучшая логистику и снижая риски.

Ключевые слова: *дороги зимнего действия, транспортный путь, Красноярский край, срок эксплуатации, пропускная способность, природно-климатические условия, безопасность, эффективность*

Дороги зимнего действия (далее – ДЗД) представляют собой временные маршруты, используемые для транспортировки грузов и пассажиров в условиях зимнего периода. Их строительство и эксплуатация особенно актуальны для регионов с суровыми климатическими условиями, таких как Красноярский край, где в зимнее время другие пути могут быть недоступны [1]. Цель данной работы – оценка параметров транспортного пути ДЗД для повышения эффективности и безопасности эксплуатации. Исследование направлено на определение сроков эксплуатации, пропускной способности и учёт влияния природно-климатических условий.

Срок эксплуатации ДЗД. Срок эксплуатации – это период, в течение которого временные ДЗД могут использоваться для транспортировки грузов и пассажиров [2]. Он зависит от климатических и природных условий, а также от особенностей конкретного региона.

В рамках исследования были определены сроки эксплуатации ДЗД для Красноярского края. На основе данных, предоставленных КрУДор [3], была составлена таблица начала и окончания эксплуатации ДЗД за 2022–2023 гг.

На основании данной таблицы был построен график фактического срока эксплуатации (рис. 1). Результаты показали, что эксплуатация ДЗД начинается в ноябре и заканчивается в апреле. Минимальный срок эксплуатации составляет 80 дней, максимальный – 140 дней.

Полученные данные о сроках эксплуатации ДЗД могут быть использованы для дальнейших расчётов и планирования дорог в регионе.

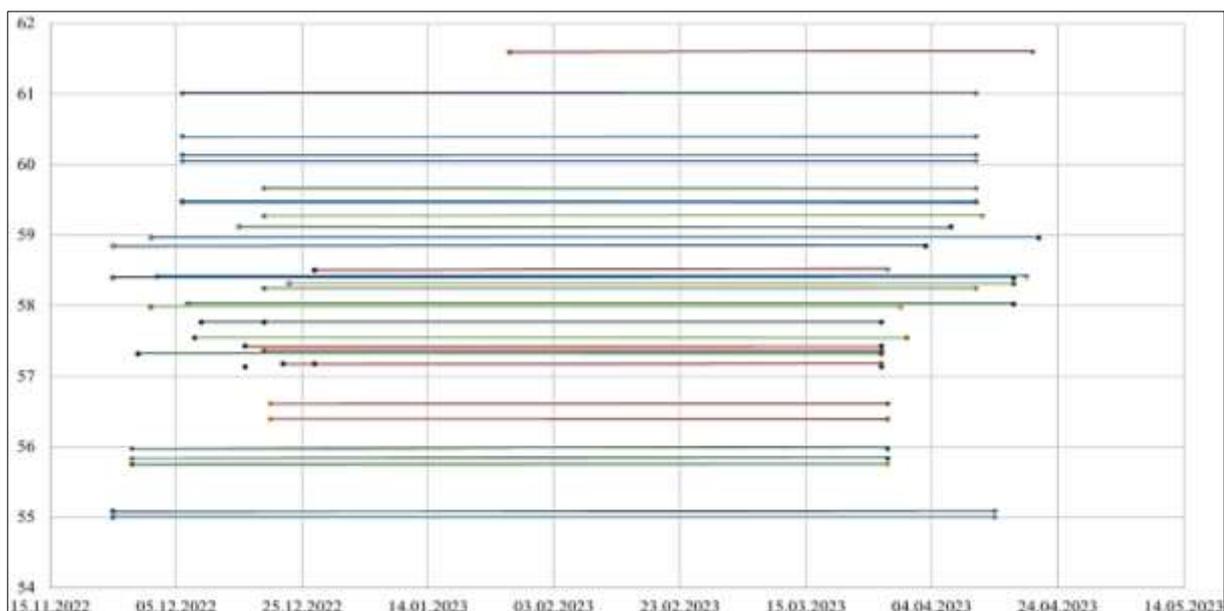


Рис. 1. Начало и окончание эксплуатации ДЗД в 2022–2023 гг. в зависимости от географического расположения районов Красноярского края

Пропускная способность ДЗД. Пропускная способность – это максимальное количество транспортных средств, которое может пройти через определённый участок дороги за единицу времени при заданных условиях [2]. Для её определения был составлен алгоритм, включающий следующие этапы:

- 1) определение начала и окончания зимнего периода с использованием температурных и сезонных данных;
- 2) определение сроков начала строительства дорог на основе полученных данных;
- 3) определение сроков окончания эксплуатации ДЗД;
- 4) расчёт продолжительности эксплуатации;
- 5) оценка пропускной способности.

Влияние природно-климатических факторов. Природно-климатические условия оказывают двойственное воздействие, включая как положительные, так и отрицательные эффекты (табл. 1). Основные факторы, влияющие на состояние дороги: метель, гололёд, дождь, снегопад, туман, ветер, температура воздуха и относительная влажность [4].

Метель представляет собой сложный фактор, который одновременно может оказывать позитивное и негативное влияние. С одной стороны, сильный ветер способствует удалению снега с дорожного покрытия, уменьшая потребность в механической уборке. С другой стороны, он также может формировать снежные заносы, затрудняя проезд и увеличивая необходимость частой расчистки дорог.

Гололёд, характеризующийся образованием тонкой ледяной корки на поверхности дороги, оказывает исключительно отрицательное влияние на проходимость. Он значительно снижает сцепление колёс с дорогой, повышая риск аварийных ситуаций и требуя активного применения антигололёдных средств.

Влияние природно-климатических условий

Параметр	Позитивный эффект	Негативный эффект
Метель, м/с	Удаление снега с дороги	Образование снежных заносов
Гололёд, ф	Не способствует улучшению состояния дороги	Ухудшение проходимости дороги
Дождь, мм/мин	Уплотнение снега	Образование наледи
Снегопад, мм/ч	Уплотнение дороги	Образование снежных заносов
Туман, видимость, м	Не способствует улучшению состояния дороги	Ухудшение проходимости дороги
Ветер, м/с	Удаление снега с дороги	Образование снежных заносов
Положительная температура воздуха	Таяние снега, уплотнение	Образование льда и гололедиц
Отрицательная температура воздуха	Сохранение дороги в замёрзшем состоянии	Хрупкое состояние дороги, образование трещин
Относительная влажность воздуха	Уплотнение снега	Образовании льда на дороге

В условиях зимнего климата дождь является неоднозначным фактором. При умеренных осадках он может утрамбовывать снег, делая дорожное покрытие более плотным и устойчивым к нагрузкам. Однако при отрицательных температурах дождь приводит к образованию наледи, что серьёзно ухудшает условия движения.

Снегопады способствуют уплотнению дорожного покрытия, что может быть полезно при эксплуатации автозимников. Тем не менее интенсивные снегопады увеличивают вероятность образования снежных заносов, особенно на участках с неровным рельефом.

Туман негативно влияет на дорожные условия, снижая видимость и усложняя ориентирование на дороге. В результате увеличивается вероятность столкновений и аварийных ситуаций, особенно в условиях плотного движения.

Влияние ветра проявляется двояко. Он способствует удалению снега с дорог, снижая нагрузку на дорожные службы. В то же время сильные ветры часто создают снежные заносы, что может потребовать оперативного вмешательства для восстановления проходимости.

Таяние снега при положительных температурах может способствовать улучшению состояния дороги. Однако при этом увеличивается риск образования льда и гололедицы, особенно при резких перепадах температуры.

При низких температурах дорожное покрытие остаётся в замёрзшем состоянии, что обеспечивает его целостность. Но в то же время это приводит к хрупкости покрытия и образованию трещин, что может повлиять на долговечность дорог.

Высокая влажность может способствовать уплотнению снега, но также увеличивает вероятность образования ледяного покрытия, особенно при колебаниях температуры.

Учёт всех природно-климатических факторов необходим для эффективного управления и обеспечения безопасности движения.

Исследование параметров транспортного пути на ДЗД способствует улучшению эффективности дорожной инфраструктуры в зимний период. Оценка сроков эксплуатации, пропускной способности и учёт природно-климатических факторов позволяют оптимизировать работу ДЗД, что обеспечивает надёжные условия для транспортировки грузов и пассажиров, а также повышает общую эффективность транспортных процессов в регионе.

Список источников

1. Золотарь И. А. Автомобильные дороги Севера. М.: Транспорт, 1981. 247 с.

2. ГОСТ Р 58 948-2020. Дороги автомобильные общего пользования. Дороги автомобильные зимние и ледовые переправы. Технические правила устройства и содержания.

3. КГКУ «Управление автомобильных дорог по Красноярскому краю». URL: krudor.ru/actual/winter.

4. Козлов В. Г. Методы, модели и алгоритмы проектирования ледовозных автомобильных дорог с учётом влияния климата и погоды на условия движения: дисс. д-ра техн. наук. Архангельск, 2017. 406 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЁТА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

А. В. Каменчуков, канд. техн. наук, доцент
Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия

Аннотация. Исследование направлено на выявление особенностей проектирования дорожных одежд, которые в первую очередь влияют на надёжность их эксплуатации в расчётный (весенний) период. Выполнен анализ одиночного и совместного влияния таких факторов, как относительная влажность грунта основания дорожной одежды и диаметра отпечатка приложения расчётной нагрузки на модуль упругости конструкции. Сделаны выводы о надёжности проектируемой дорожной одежды в различных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: *автомобильная дорога, дорожная одежда, технико-экономические показатели, вариативность*

В настоящее время в России конструирование и проектирование дорожных одежд осуществляется на основе таких нормативных документов, как ГОСТ Р 71 404-2024 [1] и МОДН 2-2001 [2]. Определение нагрузок на дорогу производится согласно ГОСТ Р 71 405-2024 [3].

Во многом проектирование дорожных одежд носит вероятностный характер и использует в своей основе статистические и вероятностные характеристики: интенсивность и состав движения, параметры расчётной нагрузки, физико-механические характеристики грунтов и строительных материалов, условия эксплуатации конструкции.

Первой основополагающей характеристикой проектирования дорожных одежд является грунт основания дорожной одежды, а именно его влажность и прочность. Как правило, расчёт выполняется для одного вида грунта согласно инженерно-геологическим изысканиям, которые не всегда бывают точны, но даже если отбросить данную деталь, то модуль упругости (деформируемости), сцепление и угол внутреннего трения определяются исходя из среднестатистической влажности и предполагаемого числа приложений расчётной нагрузки. Ряд простейших расчётов показывает, что прочность дисперсных песчаных и глинистых грунтов резко падает при увеличении относительной влажности грунта, вплоть до потери несущей способности при влажности, близкой к влажности на границе текучести (рис. 1) [4].

Далее были выполнены теоретические исследования прочности дорожных конструкций для двух объектов строительства (Дорога № 1 – Подъезд к раб. пос. Корфовскому; Дорога № 2 – Обход с. Ракитного) и теоретической конструкции дорожной одежды, представленной в табл. 1.

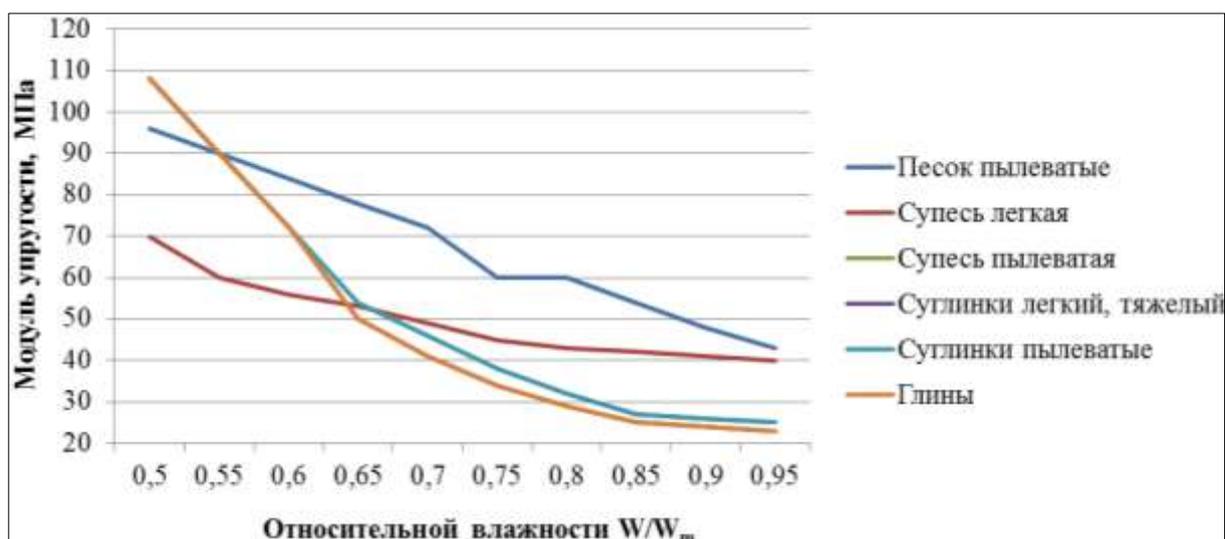


Рис. 1. Изменения прочности грунтов в зависимости от влажности

Таблица 1

Конструкции дорожной одежды

Объект	Наименование материала	Толщина слоя, см
Дорога № 1	Плотная горячая мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б, марка I)	5
	Пористая горячая крупнозернистая асфальтобетонная смесь (марка II)	7
	Щебёночно-гравийно-песчаная смесь, укрепленная 8 % битума	20
	Щебёночная смесь С4	38
	Земляное полотно – супесь лёгкая	–
Дорога № 2	Плотная горячая мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б, марка I)	5
	Пористая горячая крупнозернистая асфальтобетонная смесь (марка II)	8
	Песчано-гравийная смесь, укрепленная 10 % битума	18
	Щебёночная смесь С6	36
	Земляное полотно – супесь лёгкая, пылевая	–
Теоретический вариант	Плотная горячая мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б, марка I)	5
	Пористая горячая крупнозернистая асфальтобетонная смесь (марка II)	8
	Фракционированный щебень, уложенный по способу заклинки	16
	Щебёночная смесь С4	30
	Земляное полотно – супесь тяжёлая	–

Влажность грунта земляного полотна изменяется в пределах от 50 до 95 % на границе текучести, с шагом 5 %. При увеличении количества пылеватых и глинистых частиц в грунтах основания дорожной одежды общая прочность конструкции снижается по экспоненциальной зависимости от относительной влажности основания, что наглядно подтверждается результатами расчётов, представленными на рис. 2.

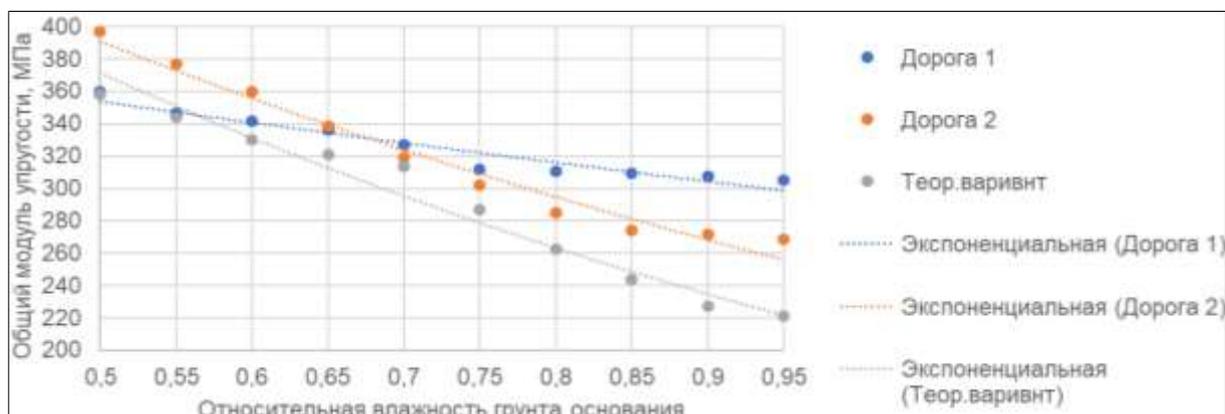


Рис. 2. Изменения модуля упругости для вариантов дорожной одежды

Вторым важным обстоятельством, определяющим высокую вариативность расчёта дорожных одежд, является непосредственная зависимость модуля упругости конструкции от диаметра отпечатка приложения расчётной нагрузки D , т. е. от характеристик транспортных средств, перемещающихся по автомобильной дороге. Данное условие прослеживается в номограммах и в формулах определения модуля упругости (по МОДН 2-2001 [2]):

$$E_{\text{общ}} = \frac{\left(1,05 - 0,1 \frac{h_i}{D} \left(1 - \sqrt[3]{E_H / E_B}\right)\right) E_B}{0,713 \sqrt[3]{\frac{E_H}{E_B}} \arctan\left(\frac{1,35 h_3}{D}\right) + \frac{E_H}{E_B} \times \frac{2}{\pi} \arctan \frac{D}{h_3}}; \quad (1)$$

$$\frac{h_3}{D} = \frac{2h}{D} \sqrt[3]{E / (6E_H)},$$

где E_H – общий модуль упругости подстилающего слоя, МПа; E_B – модуль упругости материала слоя, МПа; h (h_3) – толщина слоя, см.

Для теоретического варианта конструкции дорожной одежды смоделировано изменение модуля упругости при расчётной нагрузке на ось 11,5 т (А11,5) и постепенным увеличением диаметра отпечатка расчётной нагрузки от 34 до 50 см. Данное условие моделирует проход сверхнормативной многоколёсной нагрузки, которая в настоящее время учитывается коэффициентом приведения к расчётной нагрузке S в соответствии с ГОСТ Р 71 405–2024 [3]. Результаты моделирования обработаны в программе *Statistica* и представлены на рис. 3.

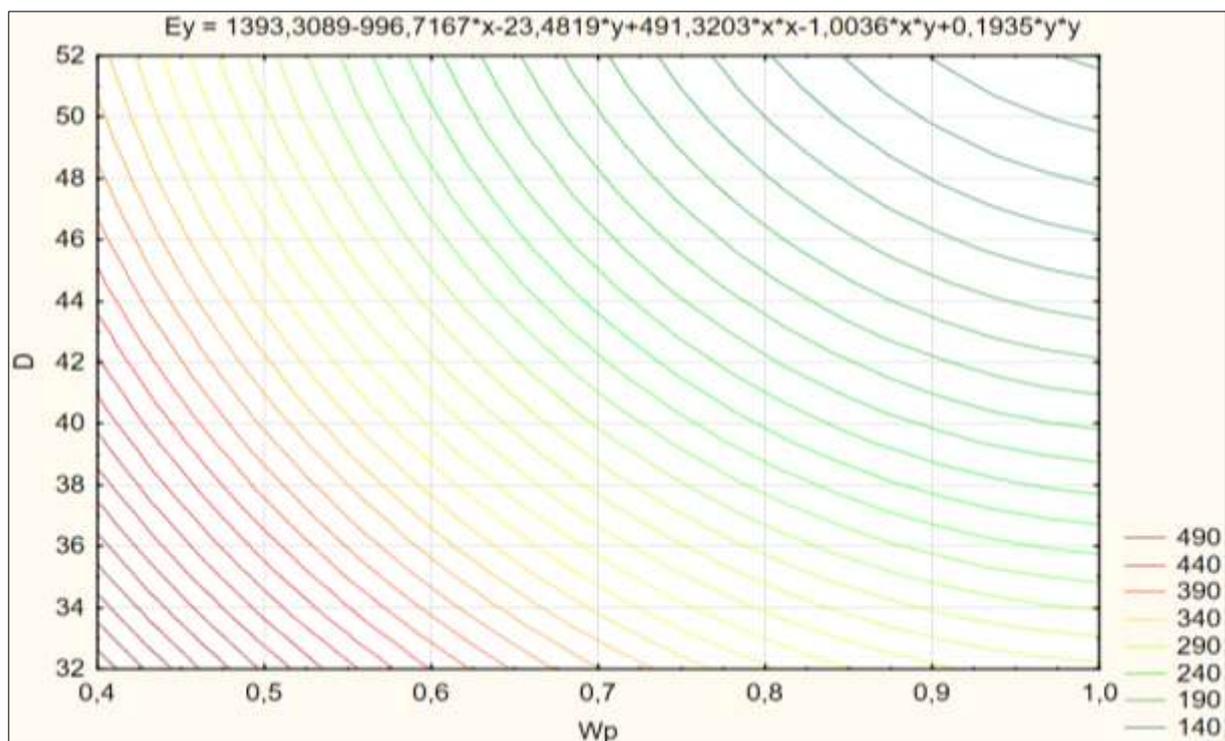


Рис. 3. Изменения модуля упругости E_y в зависимости от относительной влажности грунта основания W_p и диаметра нагрузки D

В результате анализа данных, представленных на рис. 3, получается, что увеличение диаметра отпечатка расчётной нагрузки существенно влияет на модуль упругости дорожной одежды: увеличение диаметра всего на 5–7 см приводит к уменьшению модуля упругости конструкции на 15–20 %. Данное явление особенно опасно в период весенней распутицы, когда модуль упругости наименьший.

В общем, можно сказать, что совместное влияние влажности основания и диаметра приложения нагрузки на прочность дорожной одежды очень велико и в зависимости от условий эксплуатации модуль упругости дорожной одежды может отклоняться от расчётного значения более чем на 50 % в обе стороны.

Список источников

1. ГОСТ Р 71 404-2024. Дороги автомобильные общего пользования. Нежёсткие дорожные одежды. Правила проектирования. М.: Институт стандартов, 2024. 146 с.
2. МОДН 2-2001. Проектирование нежёстких дорожных одежд. М.: СоюзДорНИИ, 2002. 153 с.
3. ГОСТ Р 71 405-2024. Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование дорожных одежд. Методика расчёта коэффициентов приведения транспортных средств к расчётной осевой нагрузке. М.: Институт стандартов, 2024. 38 с.
4. Каменчуков А. В. Оценка работоспособности дорожных одежд / А. В. Каменчуков, К. И. Богдановская // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения. Т. 15. Хабаровск: ТОГУ, 2015. С. 59–62.

ВОЗМОЖНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ И ИЗМЕНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ЗДАНИЯ ОБЩЕЖИТИЯ С ПРИСТРОЙКОЙ ДВУХ ЭТАЖЕЙ

Н. А. Колесникова, студент;

Д. Л. Колесников, студент;

К. А. Красова, студент;

Е. И. Солдатова, студент

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

Аннотация. С целью определения возможности реконструкции произведено обследование здания общежития, расположенного в Тамбове. Основной целью данного обследования является оценка технического состояния фундаментов и определение их геометрических характеристик. Для достижения указанной цели выполнен комплекс следующих работ: 1) контрольные обмеры фундаментов в отрытых шурфах; 2) освидетельствование фундаментов на предмет определения их технического состояния; 3) фотофиксация фундаментов здания. По результатам проведённого обследования определено техническое состояние конструкций здания.

Ключевые слова: *обследование, шурф, фундамент, глубина заложения, сопротивление грунта*

Основанием для обследования служат требования п. 4.4 ГОСТ 31 937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» [1].

Обследование строительных конструкций нежилого здания выполнялось в один этап – предварительный, включающий в себя ознакомление с объектом обследования, его конструктивными особенностями, сплошное визуальное обследование конструкций сооружения и выявление дефектов и повреждений по внешним признакам с необходимыми замерами и их фиксацией на схемах [2; 3].

В соответствии с поставленным заданием выполнены следующие виды работ:

- анализ архивной технической документации;
- визуальный осмотр;
- обмеры элементов, конструкций и узлов;
- выявление дефектов и повреждений элементов и конструкций обследуемых фундаментов с выборочной фотофиксацией;
- определение прочности бетона механическим методом неразрушающего контроля;
- определение пролётов конструкций, их расположение и шаг в плане, высота помещений, уточнение горизонтальных и вертикальных размеров здания, замеры основных геометрических параметров фундаментов здания.

Для обследования технического состояния фундаментов здания вскрывались шурфы. В шурфах производился осмотр поверхности фундамента на наличие дефектов, замерялись геометрические характеристики.

В ходе обследования использовались следующие инструменты и приборы:

- дальномер лазерный *Leica DISTO A5*;
- измеритель прочности ударно-импульсный ОНИКС-2.6 (свидетельство о поверке № 16 886/16);
- механическая рулетка;
- фотоаппарат *Panasonic DMC-FS9 Lumix*.

Часть здания с каркасной конструктивной схемой, часть – со стеновой схемой. Каркас представляет собой железобетонные колонны, ригели и многпустотные плиты перекрытия. Стены выполнены из силикатного кирпича на цементном растворе. Крыша плоская, кровля рулонная.

Фундаменты под кирпичными стенами – ленточные из сборных железобетонных плит и бетонных блоков. Местные заделки выполнены из монолитного железобетона и керамического полнотелого кирпича на цементном растворе.

Фундаменты под железобетонными колоннами – монолитные железобетонные стаканного типа. Сечение колонн – 30×30 см.

Для определения геометрических характеристик и глубины заложения фундаментов здания откопаны восемь шурфов. Из-за неисправности городской канализационной системы подвал здания частично затоплен водой. При обследовании периодически проводилось откачивание воды. В связи с большим объемом полученных результатов на рис. 1–3 будут представлены три шурфа.

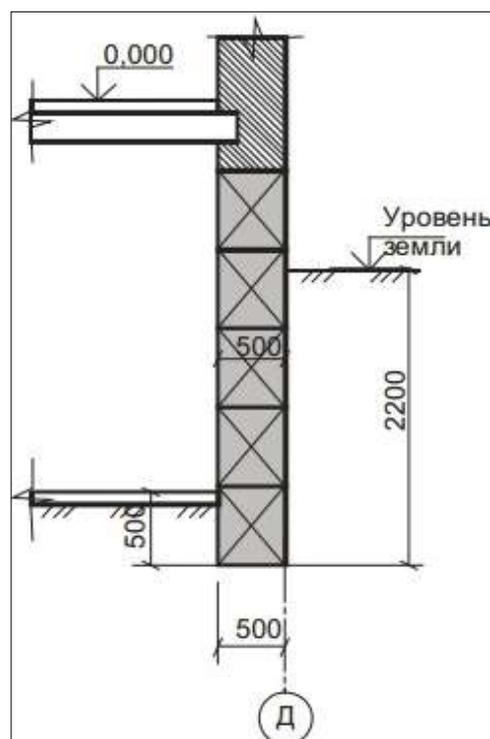


Рис. 1. Шурф № 1

Шурф № 1 вскрывался для определения конструкций фундаментов под наружной кирпичной стеной по оси «Д».

Глубина заложения фундаментов от поверхности земли составляет 2,20 м, от пола подвала – 0,5 м. Фундамент состоит из сборных железобетонных блоков шириной 50 см. Нижний ряд блоков уложен на песчаную подушку, фундаментные плиты отсутствуют.

Дефекты фундаментных блоков не выявлены.

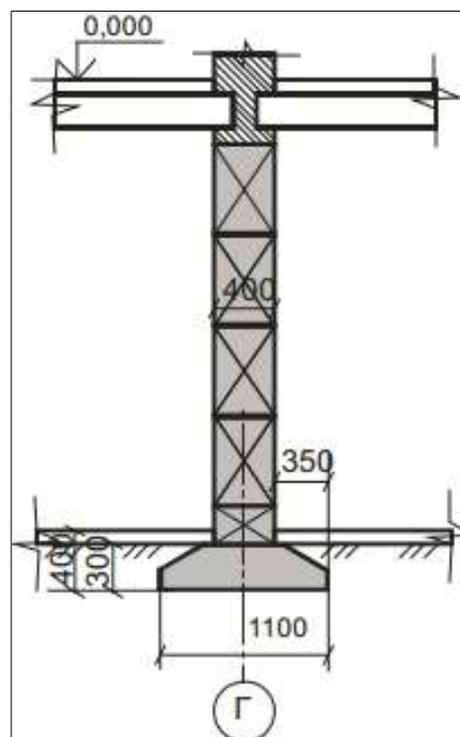


Рис. 2. Шурф № 2

Шурф № 2 – около внутренней продольной стены по оси «Г». Здесь бетонные блоки опираются на железобетонные фундаментные плиты шириной 1,10 м. Высота фундаментных плит – 30 см.

Глубина заложения фундамента от пола подвала составляет 0,4 м.

Дефекты фундаментных блоков и плит не выявлены.

Шурф № 3 – около колонны по оси «Б». Фундамент выполнен из монолитного железобетона стаканного типа. Глубина заложения от пола подвала составляет 0,85 м.

Дефекты фундаментов (сколы, трещины) не выявлены.

При выполнении серии из 10 ударов прибор показал среднее значение прочности бетона, равное 17,8 МПа, что соответствует ближайшему классу бетона по прочности на сжатие – В12,5 [4].

При обследовании каких-либо повреждений конструкций фундаментов не выявлено. Не выявлены также трещины в кирпичных стенах. Отсутствие трещин и деформаций в стенах свидетельствует о том, что здание за время эксплуатации недопустимых осадок и просадок не испытывало. Следовательно, фундаменты находятся в работоспособном состоянии.

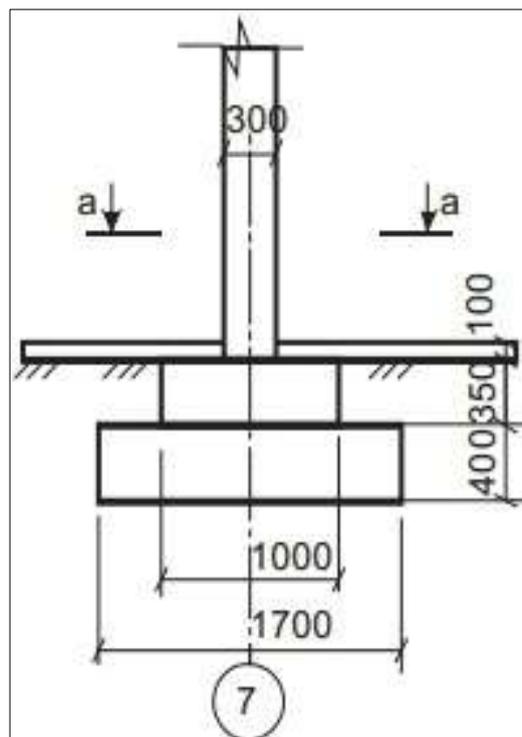


Рис. 3. Шурф № 3

Расчётное сопротивление грунта основания составляет $R = 316$ кПа. Таким образом, обследованные фундаменты пригодны для дальнейшей эксплуатации здания при условии ликвидации замачивания грунтов поверхностными водами и утечками систем канализации/водопровода.

Увеличение этажности нежилого здания в Тамбове возможно при условии, что среднее давление под подошвой фундамента $p_{от}$ проектируемой нагрузки не должно превышать расчётного сопротивления грунта основания R , кПа.

Объект приспособляется под устройство многоквартирного жилья с сохранением общественной функции. Здание надстраивается двумя жилыми этажами.

Помещения общественного назначения расположены на 1-м эт., имеют обособленные выходы от жилой части здания.

Жильё располагается частично на 1-м эт., а также на 2 и 3-м этажах здания. По типу внеквартирных распределительных коммуникаций жилая часть здания относится к коридорному типу.

В плане здание относительно симметрично, с размерами в осях $32,37 \times 71,83$ м.

Высота помещений подвала и 1-го эт. – переменная, в чистоте составляет от 2,3 до 3,60 м, высота 2 и 3-го этажей – 2,7 м.

Планы этажей представлены на рис. 4, 5.

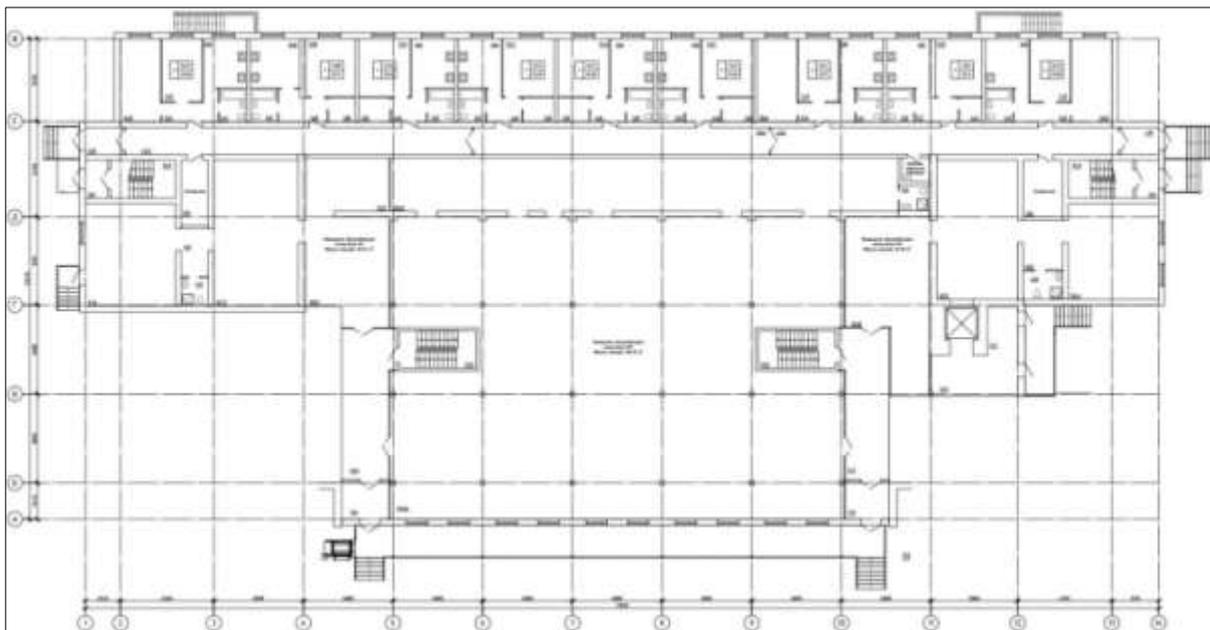


Рис. 4. План 1-го эт.

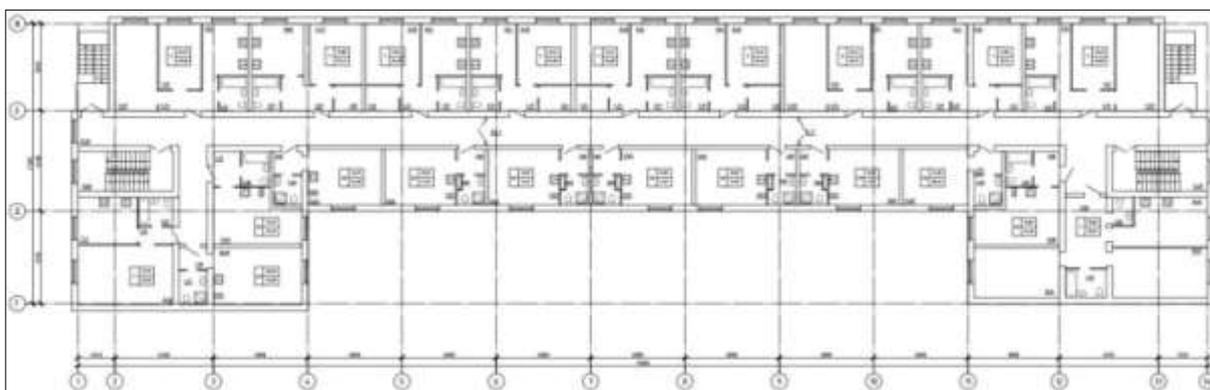


Рис. 5. Типовые планы 2 и 3-го этажей

Реконструируемое здание решено в плане в виде симметричной композиции прямоугольников с выступающими частями.

Список источников

1. ГОСТ 31 937-2024. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М., 2024. 70 с.
2. Бедов А. И. Обследование и реконструкция железобетонных и каменных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений / А. И. Бедов, В. Ф. Сапрыкин. М.: АСВ, 1995. 192 с.
3. Градостроительный кодекс РФ № 190-ФЗ от 29.12.2004 (ред. от 02.08.2019). URL: consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040.
4. ГОСТ 22 690-2015. Бетоны. Определение прочности неразрушающими методами. М., 2016. 25 с.

ОСОБЕННОСТИ ЦИФРОВОГО ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

М. Д. Кропотов, магистрант;

Е. В. Горяева, канд. с.-х. наук, доцент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В данной статье рассмотрены различные типы и составляющие транспортных моделей. Проведён анализ методик их создания.

Ключевые слова: модель, инфраструктура, метод, граф, атрибут, актив, геоинформационная система, ГИС, сеть

Транспортное моделирование – это современный мощный инструмент, незаменимый при принятии стратегических решений в сфере планирования и управления транспортной инфраструктурой. Его основная цель – предоставить объективную оценку текущего состояния транспортной системы и спрогнозировать влияние различных сценариев её развития на эффективность и окружающую среду. Вместо простого описания ситуации моделирование позволяет провести количественный анализ, избежать ошибок и принять обоснованные решения.

Применение транспортного моделирования охватывает широкий спектр задач. Оценка эффективности существующей системы включает анализ времени в пути, пропускной способности дорог, уровня заторов и количества ДТП. Оптимизация распределения транспортных ресурсов может касаться как расстановки общественного транспорта, так и управления потоками грузового автотранспорта, включая оптимизацию маршрутов доставки и внедрение систем мониторинга и управления флотом. Прогнозирование будущих изменений транспортных потоков учитывает рост населения, изменения в экономике и введение новых технологий, таких как автономные транспортные средства. Разработка стратегии развития транспортной инфраструктуры опирается на результаты моделирования для выбора оптимальных вариантов развития с учётом экономических, экологических и социальных факторов. Определение оптимальных маршрутов для доставки грузов или пассажиров может быть достигнуто путём использования алгоритмов поиска кратчайшего пути с учётом условий дорожного движения и ограничений на грузоподъёмность или скорость. Анализ воздействия новых транспортных проектов на окружающую среду включает оценку выбросов загрязняющих веществ, уровня шума и потребления энергии. Прогнозирование уровня загруженности дорожной сети позволяет планировать работу служб по эксплуатации и ремонту, оптими-

зировать систему управления дорожным движением и своевременно принимать меры по предотвращению заторов. Кроме того, современные модели часто интегрируют данные из различных источников, таких как *GPS*-трекинг, данные с датчиков на дорогах и статистические данные о населении и экономике. Это позволяет создавать более точные и реалистичные модели, способные учитывать влияние множества факторов и обеспечить высокую степень достоверности результатов.

Цифровая информационная модель транспортной системы характеризуется совокупностью взаимосвязанных инженерно-технических и инженерно-технологических данных об объекте капитального строительства, представленных в цифровом объектно-пространственном виде. Она включает в себя различные элементы, такие как дорожная инфраструктура, транспортные средства, пассажирские и грузовые потоки, а также временные и пространственные параметры [СП 333.1325800.2020, ПНСТ 505-2022]. Нормативными документами регламентируются правила формирования информационной модели объектов капитального строительства на различных стадиях жизненного цикла, а также требования к уровню проработки элементов цифровой информационной модели, составу атрибутивной информации, однако указания на использование при создании информационной модели конкретного программного продукта отсутствуют.

Существуют различные типы транспортных моделей, каждый из которых предназначен для решения конкретных задач и отличается уровнем детализации проработки элементов модели.

1. Макроскопические модели, такие как модели равновесия распределения, фокусируются на агрегированных транспортных потоках между зонами города или региона, оценивая общий объем перемещений и выбор маршрутов. Они идеально подходят для долгосрочного планирования транспортных сетей и оценки влияния крупных инфраструктурных проектов – например, строительства новых автомагистралей или линий метро.

2. Микроскопические модели, напротив, симулируют движение отдельных транспортных средств, учитывая их динамику, маневровые характеристики и поведение водителей. Это позволяет проводить детальный анализ заторов, оптимизировать работу светофоров и разрабатывать системы управления дорожным движением.

3. Мезоскопические модели занимают промежуточное положение, объединяя преимущества обоих подходов.

Любой тип модели транспортной сети можно выстроить в геоинформационной среде.

На данный момент существует множество различных программных продуктов на основе *BIM*- и ГИС-технологий. Для формирования транспортной цифровой информационной модели могут быть использованы как многофункциональные программные продукты (*ArcGIS*, *MapInfo*, *QGIS*), так и специализированные для транспортных систем *IHSDM*,

PARAMICS, AIMSUN, VISSIM, PLANSIM-T, AUTOBAHN, TRANSIMS, FLEXSYT-II, INTEGRATION, SimTraffic 6, MITSIM AutoCAD Civil 3D, IndorBIM, IndorGIS «ДорГИС» и др.

Процесс создания транспортных моделей с помощью геоинформационной среды имеет свои особенности [1]. Транспортная модель, построенная в ГИС, представляет собой дорожный граф. Дорожный граф – цифровая векторная карта, состоящая из топологически связанных рёбер (дуг) и вершин (узлов), местоположение и свойства которых с заданной точностью и полнотой передают организацию движения наземного транспорта по проезжей части.

Важнейшим элементом для формирования дорожного графа являются осевые линии. Точность построения дорожного графа должна быть не менее 15 м в плане.

Опишем базовый механизм работы дорожного графа.

I. Инициализация – процесс присвоения начального значения переменной, объекту или другому ресурсу во время его создания или перед его первым использованием.

1. Создание графа.

Создаётся дорожный граф $G = (V, E)$, где V – множество вершин, представляющих собой точки интереса (*POI*) на карте (перекрёстки, начало/конец дороги, достопримечательности и т. д.); E – множество рёбер, представляющих собой участки дорог, соединяющие точки интереса.

2. Присвоение атрибутов.

Каждой вершине $v \in V$ присваиваются атрибуты (например, координаты, название).

Каждому ребру $e \in E$ присваиваются атрибуты (например, длина, направление, ограничение скорости, средняя загруженность, тип дороги).

Содержание атрибутивной информации зависит от типа создаваемой модели и степени её детализации [1].

Обозначим уровни детализации:

– сеть – сеть автомобильных дорог, в которую будут входить все элементы, активы и системы, присутствующие на данном участке, – в общем смысле это совокупность систем;

– система – физическая, пространственная, строительная, инженерная (отдельно взятая дорога со всеми элементами и активами);

– элемент – физическая единица чего-либо, которую мы можем проанализировать (например, строительные шпунты или сырьё для производства асфальтобетона);

– эксплуатируемый актив – рассматриваемый объект (например, трубы, дорожные ограждения, состоящие из элементов) [1].

Таблица 1

Тип модели	Уровень детализации			
	Сеть	Система	Элемент	Эксплуатируемый актив
Макро-моделирование	<ul style="list-style-type: none"> – плотность потока; – тип пересечения; – ширина полосы движения; – материал покрытия; – категория автодороги; – максимальная разрешённая скорость движения; – наименование улицы; – средняя скорость; – интенсивность 	<ul style="list-style-type: none"> – максимальная наблюдаемая скорость ветра; – максимальная разрешённая скорость движения; – материал покрытия 	–	–
Микро-моделирование	–	<ul style="list-style-type: none"> – отметка верха земляного полотна; – отметка низа земляного полотна; – уклон земляного полотна; – дистанция между автомобилями 	<ul style="list-style-type: none"> – дистанция между автомобилями; – температура нагрева 	<ul style="list-style-type: none"> – температура нагрева; – дистанция между автомобилями; – максимальная скорость автомобиля; – длина автомобиля; – радиус колеса; – скорость реакции водителя; – удельный вес
Мезо-моделирование	<ul style="list-style-type: none"> – максимальная разрешённая скорость движения; – категория автодороги; – материал покрытия; – ширина полосы движения 	<ul style="list-style-type: none"> – максимальная разрешённая скорость движения; – категория автодороги; – материал покрытия; – ширина полосы движения; – уклон земляного полотна 	–	<ul style="list-style-type: none"> – длина автомобиля; – удельный вес

Важными элементами транспортной модели являются географические данные, такие как карты дорог, топографические данные, данные о транспортных узлах и маршрутах, а также статистические данные о движении транспорта. Они помогают моделировать поведение транспортных потоков с точностью и реалистичностью [2]. Таким образом, транспортная модель является мощным инструментом для анализа и управления транспортными системами, который помогает повысить эффективность и безопасность движения, снизить транспортные заторы и негативное воздействие на окружающую среду. Она играет важную роль в развитии устойчивых и инновационных транспортных стратегий для будущего.

Вся информация, которая будет получена при помощи передвижных лабораторий, выездных групп или же из открытых интернет-ресурсов, собирается в одной или множестве различных баз пространственных данных для дальнейшей обработки. Это самый важный этап, т. к. является основой, на которой будет построена транспортная модель, поэтому следует своевременно обновлять базы при помощи сведений на местах, из специализированных государственных ресурсов, цифровых навигационных карт и планов организации дорожного движения. Системы создания и обновления данных основываются на позиционировании, автоматизации или ручном методе сканирования рельефа, обмене цифровой информации по общим серверам [2].

Следующим ответственным этапом создания транспортной модели является создание цифровых карт с обязательной привязкой к ГЛОНАСС/*GPS* в геоцентрической системе координат из облаков точек по результатам съёмки. Затем при помощи записанных параллельно со съёмкой видеоматериалов распознают все требуемые объекты, определяют размеры и при помощи автоматизированных или полуавтоматизированных программ наносят на карту нужный участок. Таким образом чаще всего поступают частные и государственные организации. Для студентов с ограниченными ресурсами подойдут карты из открытого доступа в совместимых форматах *SHP/DBF*. Подходящими для данных целей будут являться веб-картографические ресурсы *Open Street Map, Scribble Maps, Build a Map* [3]. Для каждой индивидуальной задачи могут потребоваться свои входные данные, но главное, чтобы итоговые результаты соответствовали всем требованиям, установленным нормативными документами. Например, в соответствии с СП 333.1325800.2020 для нового строительства цифровая модель должна будет содержать исчерпывающие данные об объекте, которые позволят выполнить строительно-монтажные работы, архитектурные технические и технологические решения [3]. Поэтому крайне важно составлять карты в границах всего объекта, получить узлы сопряжения элементов и видимые границы материалов структуры.

Само моделирование в первую очередь будет основываться на создании слоёв полученных карт. В каждом слое будут присутствовать требуемые для конкретной задачи атрибуты и данные, занесённые в таблицу. Все они могут быть отражены на карте, объединены в группы для пред-

метного рассмотрения, что может открыть множество возможностей для обработки данных, таких как получение информации о местах возникновения заторов, повышенной интенсивности движения и т. д. [4].

II. Тестирование правильности работы дорожного графа.

Тестирование начинают с предметной работы с атрибутами и отношениями между ними. После того как определены все требуемые для решения поставленных задач исходные данные, при помощи геоинформационного анализа построены связи, отношения и зависимости, можно запускать модель на тестирование, по результатам которого станет понятна её пригодность.

III. Обновление модели.

В копию модели вносятся данные и при обнаружении неисправностей и недоработок вносятся корректировки – так продолжается до получения требуемого результата.

IV. Обработка запросов (построение маршрутов, моделирование транспортных потоков, поиск кратчайших путей, анализ зон обслуживания, оценка плотности транспортной сети и других характеристик).

Важно отметить, что создание транспортных моделей является хоть и нормируемым, но сугубо индивидуальным процессом с уникальными условиями работы и поставленными задачами при каждом новом построении, поэтому важно иметь множество программных ресурсов с широким функционалом для достижения целей.

Список источников

1. СП 328.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. 13 с.

2. ПНСТ 505-2022. Правила описания компонентов для информационного моделирования. 36 с.

3. СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. 226 с.

4. Ремонт и содержание автомобильных дорог / под ред. А. П. Васильева. М.: Стандартинформ, 2019. 1 130 с.

СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В ГОРОДЕ ВЛАДИВОСТОКЕ

В. А. Лазарев, канд. техн. наук, доцент;

Е. П. Володькин, аспирант

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия

Аннотация. Важную роль в обеспечении устойчивого развития городов играет городской общественный транспорт, являющийся неотъемлемой частью инфраструктуры города. По мере развития экономических компетенций и рынка транспортных услуг повышаются требования потребителей (пассажиры) к качеству услуг. Контролировать качество транспортных услуг, уровень технической и экологической безопасности, развивать транспортную инфраструктуру и оптимизировать рынок пассажирских перевозок должны властные структуры.

Ключевые слова: *автомобильный пассажирский транспорт, качество услуг, рынок транспортных услуг, городской общественный транспорт*

Перед автобусным транспортом стоит важная задача: улучшить качество обслуживания пассажиров, добиться максимальной эффективности использования парка автобусов и других ресурсов. Решение этой задачи следует искать прежде всего в улучшении всех составных частей транспортного процесса, в рациональной организации перевозок [1].

Необходимость исследования продиктована увеличением ранжированных по категориям и типам (группам) пассажиропотоков, которые пользуются услугами пассажирского транспорта. Одновременно существующая система определения доступности и структуры пассажирского транспорта во Владивостоке рассчитана на основании средних и пиковых значений пассажиропотока и не учитывает показатель уровня сервиса, который, по нашему мнению, должен быть индикатором качества оказания пассажирских услуг населению в условиях большей урбанизации и повышения спроса на услуги пассажирского транспорта.

Качество транспортного обслуживания населения – системный показатель, в общем значении напрямую влияющий на удовлетворённость и уровень сервиса, предоставляемый пассажирам. Кроме этого, процессы, направленные на повышение качества перевозок, позитивно влияют на себестоимость пассажирских перевозок, которая является также ключевым фактором деятельности муниципальных и коммерческих пассажирских предприятий [2].

В настоящее время на большинстве пассажирских предприятий Владивостока, как и в других городах РФ, существует различный по вместимости подвижной состав, который не всегда используется рационально

с учётом реального пассажиропотока. В связи с этим увеличиваются риски, связанные с повышением себестоимости перевозок, которые в конечном итоге могут негативно повлиять на финансовую деятельность предприятия и (или) негативно отразиться на качестве предоставляемых услуг [3].

Таким образом, разработка новых проектных решений, направленных на рационализацию структуры парка подвижного состава предприятий, определяет актуальность темы и необходимость проведения исследований, направленных в конечном итоге на интенсификацию показателей качества и себестоимости пассажирских автотранспортных предприятий Владивостока.

Для исследования качества перевозок пассажиров используется, как правило, два метода. Первый фокусируется на эксплуатационных параметрах функционирования системы. Второй подразумевает использование методов социологических исследований. Первый способ не рассматривает мнение пассажира как необходимое условие для функционирования общественного транспорта и отталкивается только от формальных критериев, акцентирует внимание на изучении эксплуатационных показателей работы транспорта, сравнивает плановые и фактические показатели. Поэтому для определения качества перевозок пассажиров решено воспользоваться социологическим исследованием [4].

На рис. 1 представлены виды социологических исследований, в табл. 1 – их сравнительный анализ [5].

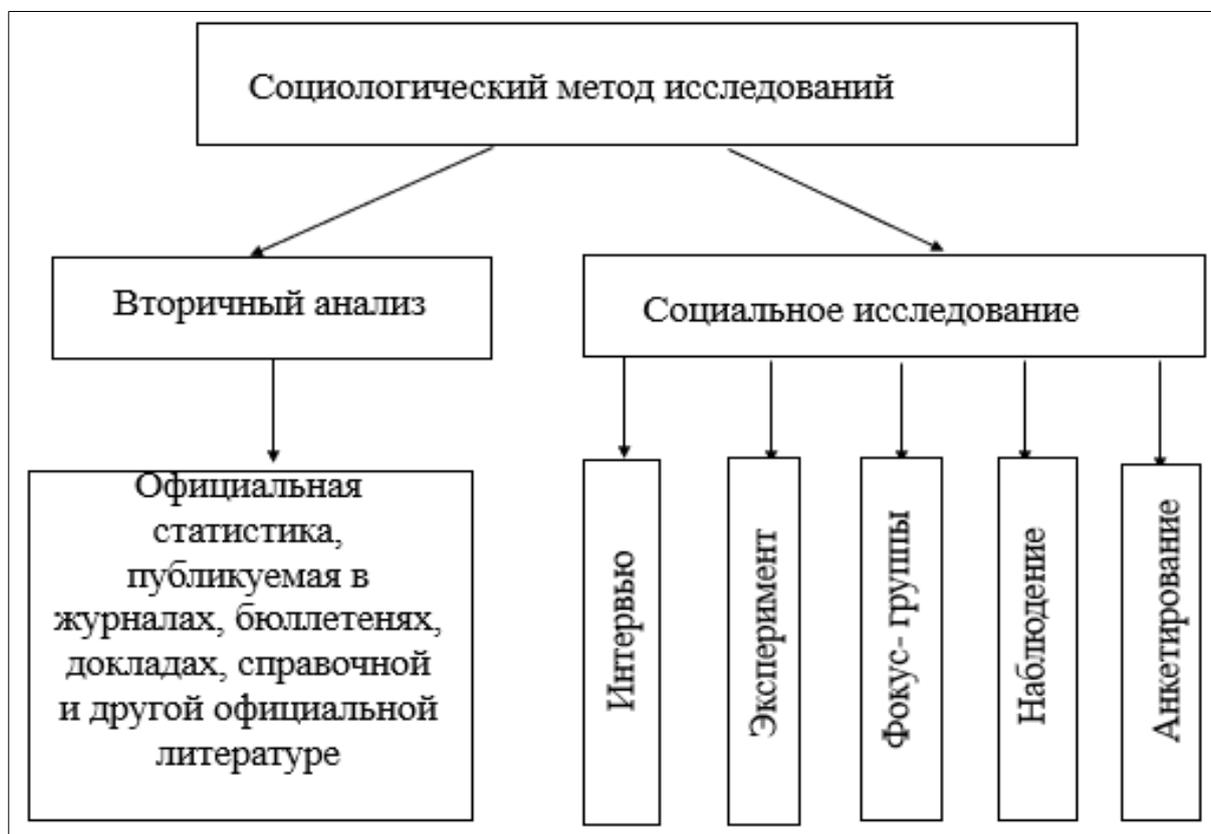


Рис. 1. Виды социологических исследований

Сравнительный анализ социальных исследований

Вид исследования	Достоинства	Недостатки
Интервьюирование	Высокая доля ответов респондентов; возможность уточнения неясных моментов в вопросах; имеется возможность вести наблюдение за респондентом во время опроса; возможность задать большее количество вопросов	Высокие затраты на проведение исследований; влияние интервьюера на респондента; необходимость тщательной подготовки интервьюеров; работу интервьюера сложнее контролировать
Эксперимент	Позволяет увидеть причинно-следственную связь изучаемых явлений с определением степени влияния независимых переменных на круг исследуемых в данный момент зависимых переменных; высокая степень достоверности при анализе незначительной аудитории	Требует значительных финансовых затрат; не всегда обоснованными являются устанавливаемые исследователями ограничения
Фокус-группы	Возможность для участников свободно излагать свои мнения; достоверность полученной информации	Участники группы могут влиять на мнение других участников; возможная непрезентативность
Наблюдение	Позволяет помогать избежать влияния респондента на информацию; независимость от желания респондента участвовать в исследовании; более высокая объективность исследования; возможность восприятия таких форм поведения, которые не могут быть точно вербализованы или осознаны; возможность учёта окружающей ситуации	Метод редко может быть применён к наблюдению больших совокупностей и большого количества событий; трудность обработки результатов; на результат исследования влияют личные особенности исследователя
Анкетирование	Большой содержательный спектр информации; возможность целенаправленной (тематически) ориентации; большая концентрация материала; возможность применения зондажного (пилотажного) опроса; сочетаемость с другими методами (наблюдение, интервью); возможность сравнительного анализа и перепроверки данных; широкие «географические» рамки метода; возможность вторичного анализа (с иными исследовательскими задачами); «традиционность» метода	Трудоёмкость раздачи и сбора; проблема интерпретации вопросов респондентами; относительная слабость контроля при заочном анкетировании; чрезмерная увлечённость методом без учёта ситуации

В качестве методики исследования было выбрано анкетирование, поскольку данный метод предоставляет возможность охвата больших групп населения и отличается экономичностью. Особенностью анкетного опроса является опосредованный характер взаимодействия между исследователем и респондентом, причём респондент сам читает предлагаемые ему вопросы и фиксирует ответы. В качестве способа анкетирования было выбрано личное интервьюирование.

Респондентам было предложено оценить следующие показатели по 10-балльной шкале, где 0 – это совсем не удовлетворяет, а 10 – удовлетворяет полностью [6]:

- доступность остановочных пунктов во Владивостоке;
- доступность остановочных пунктов, автовокзалов и автостанций для маломобильных групп населения;
- доступность транспортных средств (далее – ТС) для маломобильных групп населения;
- ценовая доступность поездок по муниципальным маршрутам регулярных перевозок;
- оснащённость автовокзалов, автостанций и остановочных пунктов;
- частота обслуживания остановочных пунктов;
- соблюдение расписания маршрутов регулярных перевозок;
- оснащённость ТС средствами информирования пассажиров;
- уровень шума в салоне ТС;
- температура в салоне ТС;
- соблюдение норм вместимости;
- количество пересадок, совершаемое пассажиром за одну поездку;
- экологичность автобусов.

Большинство респондентов оценивают показатели доступности ТС для маломобильных групп населения и соблюдения норм вместимости с минимальными средними значениями – 3,9 и 5,14 баллов соответственно. При этом показатели частоты обслуживания остановочных пунктов и технической гигиены (уровень шума и температура) имеют самые высокие оценки респондентов – 9,71, 9,38 и 9,35 баллов соответственно.

На основании данных социологического опроса выявлена необходимость сопоставительного анализа с нормативными показателями качества транспортного обслуживания согласно Распоряжению Министерства транспорта РФ № НА-19-р от 31.01.2017 [7].

По итогам исследования был сделан вывод о необходимости совершенствования системы обеспечения качества на исследуемых маршрутах ввиду того, что существующие модели, регламентированные ГОСТ [8; 9], не в полной мере дают возможность оценки качества, исходя из фактических показателей деятельности пассажирских автотранспортных предприятий [10]. В связи с этим целесообразно провести сравнительный анализ с современными способами оценки качества транспортных услуг и предложить системные решения, позволяющие повысить качество и привлекательность услуг для пассажиров Владивостока.

Список источников

1. Арбатская Л. А. Методические основы формирования номенклатуры показателей доступности услуг автомобильного пассажирского транспорта // Вестник ОГУ. 2008. № 11. С. 25.

2. Вельможин А. В. Теория организации и управления пассажирскими перевозками: логистический аспект формирования перевозочных процессов: моногр. / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин. Волгоград: РПК Политехник, 2001. 318 с.

3. Данные официальной статистики Управления транспорта Владивостока. URL: vlc.ru/life_city/transport/contacts.

4. Елифанов В. В. Повышение качества перевозок в системе городского пассажирского автомобильного транспорта на основе оценки удовлетворённости потребителей / В. В. Елифанов, А. С. Тюрин; под ред. М. Ю. Обшивалкина. Ульяновск: УлГТУ, 2017. 195 с.

5. Львовский Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1982. 224 с.

6. Маркетинговый подход к управлению качеством транспортного обслуживания: моногр. / сост.: А. М. Асалиев, Н. Б. Завьялова, О. В. Сагина и др. Новосибирск: ЦРНС, 2016. 172 с.

7. Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом: Распоряжение Министерства транспорта РФ № НА-19-р от 31.01.2017 // Транспорт России. 2017. № 11, 13.

8. ГОСТ Р 51 004-96. Услуги транспортные, пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества. М.: Стандартинформ, 2017. 7 с.

9. ГОСТ Р 51 825-2001. Услуги пассажирского автомобильного транспорта. Общие требования. М.: Издательство стандартов, 2002. 15 с.

10. Якунина Н. В. Методология повышения качества перевозок пассажиров автомобильным транспортом по регулярным маршрутам: дисс. д-ра техн. наук. Оренбург, 2014. 338 с.

ВОЗРОЖДЕНИЕ АКВАТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ ТУРИСТИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ

Е. Е. Малютина, студент;

Е. В. Логинова, канд. техн. наук, доцент

Хакасский технический институт –

филиал Сибирского федерального университета, Абакан, Россия

Аннотация. Целью данной работы является сбор теоретических данных и проведение предварительного расчёта данных с оценкой показателей для дальнейшего развития и улучшения туристической водной инфраструктуры в Респ. Хакасия путём возрождения судоходства по главной её артерии – р. Абакан. Рассмотрен вариант и получены расчётные показатели углубления дна водоёма в районе Южной дамбы. Получены данные о необходимых машинных ресурсах на исследуемом участке.

Ключевые слова: *водный туризм, углубление русла рек, земснаряд «Нижегородец-2», речной электроход «Синичка», производительность, количество техники*

В настоящее время сфера туризма получила повсеместное развитие. В Респ. Хакасия (далее – РХ) имеется огромное число памятников (более 30 тыс.) и природных ресурсов, пригодных для развития туристической отрасли экономики. Первое, что говорит об интересе к региону, – это рост туристического потока. В сравнении с 2020 г. РХ посетили на 33 % больше туристов [10], их общее число составило более 1 млн чел. Сегодня РХ популярна не только среди гостей региона, но и среди инвесторов: в стадии реализации – 12 инвестиционных проектов на 17,4 млрд руб. [4]. Также 26.10.2021 Правительством РХ была утверждена госпрограмма «Развитие туризма в РХ» [8], что также свидетельствует об интересе общества к туристической деятельности в регионе.

«Земля пяти стихий» – туристический бренд РХ, который символизирует Историю, Землю, Воду, Огонь и Воздух. В сентябре 2024 г. в Абакане открыли стелы Пяти стихий, которые рассказывают туристам о красотах и достопримечательностях республики и подсказывают прогулочные маршруты по столице.

Вода – одна из визитных карточек РХ. Здесь расположено большое количество рек и озёр, однако не все из них получают должного внимания. В советское время в Абакане был речной порт. Осуществлялись пассажирские перевозки, местные речники принимали участие в северных завозах, доставляли различные грузы и продовольственные товары в северные районы. В настоящее время р. Абакан не судоходная, наблюдается существенное обмеление (рис. 1 [6]).

Возрождение акватранспортной доступности туристических маршрутов РХ возможно за счёт появления в туристическом кластере уникальных экологичных воднотранспортных судов. Например, речные электроходы «Синичка» уже курсируют по р. Москве и пользуются огромной популярностью среди жителей и, конечно же, туристов. Данный электроход имеет батарею *LFP* с мощностью до 500 кВт×ч [11], что является достаточно экологичным решением, т. к. не имеет выбросов в атмосферу и водоёмы (рис. 2).



Рис. 1. Русло р. Абакан



Рис. 2. Акваэлектробус «Синичка»

Для обеспечения заданной глубины дна реки с учётом технических характеристик акваэлектробуса «Синичка», осадка которого составляет 1,413 м [11], а также для обеспечения разворота судна рассчитаем необходимый тактический диаметр циркуляции при угле поворота в 35° (м):

$$Dm = 0,353 \times \left(\delta \times \frac{B}{L} \right)^{-1,08} \times L = 0,353 \times \left(\frac{40}{21 \times 21 \times 1,413} \right)^{-1,08} \times 21 = 143,85. \quad (1)$$

Расчёт проведём, взяв в качестве используемого земснаряда «Нижегородец-2», предназначенный для решения мелиоративных и экологических задач по расчистке и восстановлению водоёмов. Т. к. примерная глубина р. Абакан в районе Южной дамбы установлена и составляет 1 м, то углублять реку следует на ещё минимум 3 м, чтобы акваэлектробус в нагруженном состоянии не «сел на мель».

Исходными данными для подбора земснаряда являются следующие показатели: длина разрабатываемого участка $l = 7000$ м; примерная площадь разрабатываемого участка $S = 1\,008\,000$ м²; глубина разработки $L = 3$ м; заложение установившегося откоса $m_y = 3$.

Изображение и характеристики земснаряда «Нижегородец-2» представлены на рис. 3. Производительность по грунту – 80 м³/ч; установленная мощность $N = 250$ кВт; максимальная глубина разработки грунта – 11 м; дальность транспортирования – 800 м; габаритные размеры корпуса: длина – 10, ширина – 5,1, высота – 4 м; масса машины $m = 14$ т. Пульпа транспортируется плавучим и береговым пульпопроводами.



Рис. 3. Изображение и характеристики земснаряда «Нижегородец-2» [3]

Расчётная схема рассматриваемого решения формирования профиля дна представлена на рис. 4.

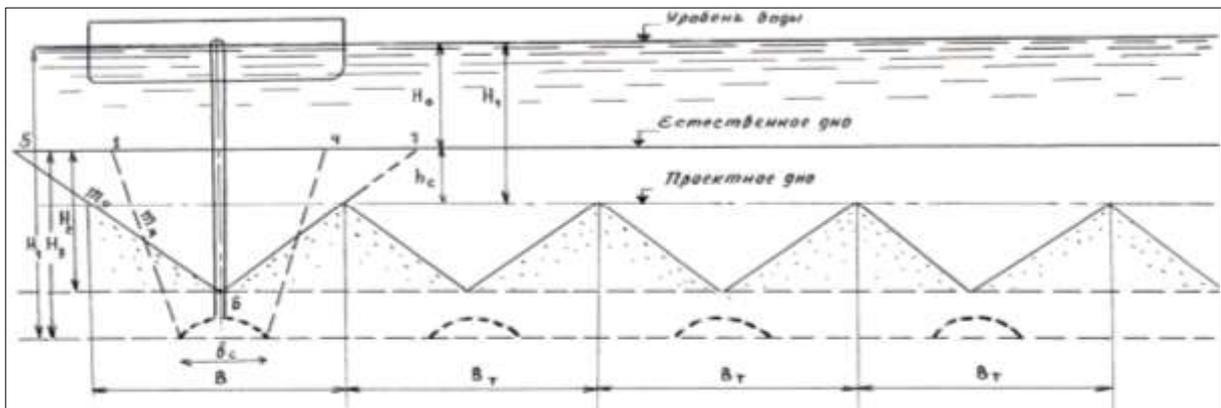


Рис. 4. Схема формирования профиля дна при работе землесоса траншейным способом [2]

1. Найдём ширину отверстий b_c (м):

$$b_c = 2,5 \text{ Двс} = 2,5 \times 0,25 = 0,625; \quad (2)$$

$$\text{Двс} = \left(0,02 \times \frac{Q_{\text{гр}}}{\frac{\gamma_{\text{см}}}{\gamma_{\text{в}}} - 1} \right) = 250 \text{ мм} = 0,25. \quad (3)$$

2. Найдём глубину выработки h_b (м):

$$h_b = h_c + \left(\frac{B_T}{2} \times m_y \right) = 3 + \left(\frac{5,1}{2} \times 3 \right) = 3,85. \quad (4)$$

где B_T – ширина траншеи на уровне проектного дна (обычно назначается равной ширине корпуса землесоса); m_y – установленный откос траншеи; h_c – толщина полезного слоя.

3. Определим площадь всасывания F_{bc} и первой траншеи F_1 (м²):

$$F_{bc} = (m_M \times H_3 + b_c) \times H_3 = (1 \times 5,49 + 0,625) \times 5,49 = 33,65; \quad (5)$$

$$F_1 = m_y \times \left(h_c + \left(\frac{B_T}{2 \times m_y} \right) \right)^2 = 3 \times \left(2,9 + \left(\frac{5,1}{2 \times 3} \right) \right)^2 = 33,66. \quad (6)$$

F_{bc} должен быть равен $F_1 \Rightarrow$ расчёт выполнен верно.

$$H_3 = \frac{\sqrt{b_c^2 + 4 \times m_y \times m_M \times \left(\frac{B_T}{m_y} \right)^2} - b_c}{2 \times m_M} = \frac{\sqrt{0,625^2 + 4 \times 3 \times 1 \times \left(\frac{5,1}{3} \right)^2} - 0,625}{2 \times 1} = 5,49. \quad (7)$$

4. Определим площадь второй и последующих траншей F_2 (м²):

$$F_2 = B_T \times \left(b_c + \frac{B_T}{4} \times m_y \right) = 5,1 \times \left(0,625 + \frac{5,1}{4} \times 3 \right) = 5,355. \quad (8)$$

5. Определим скорость перемещения землесоса вдоль траншеи (м/мин):

$$V_1 = \frac{Q}{60 \times F_1} = \frac{80}{60 \times 33,65} = 0,04; \quad (9)$$

$$V_2 = \frac{Q}{60 \times F_2} = \frac{80}{60 \times 5,355} = 0,25.$$

6. Определим расчётную производительность землесоса Q_p (м³/ч):

$$Q_p = Q \times k_p = 80 \times 0,9 = 72. \quad (10)$$

где k_p – расчётный коэффициент (примем его равным 0,9).

7. Найдём среднюю толщину переуглубления h_n (м):

$$h_n = \frac{B_T}{4 \times m_y} = 0,425. \quad (11)$$

8. Найдём количество земснарядов на заданном участке z . Для этого сначала найдём сезонную производительность земснаряда Q_c (м³/сезон):

$$Q_c = \frac{Q_n \times T_c \times K \times (100\% - W_n)}{100\% - W_y} = \frac{80 \times 2\,200 \times 0,8 \times 0,06}{0,3} = 28\,160, \quad (12)$$

где Q_n – производительность грунтового насоса по пульпе (м³/ч); T_c – количество часов работы земснаряда в сезоне (1 680–2 200 ч); K – коэффициент использования земснаряда (0,6–0,8); W_n – влажность пульпы (90–98 %); W_y – условная влажность готовой продукции (60–80 %).

Количество земснарядов определим по формуле:

$$z = \frac{V}{Q_c} = \frac{(143,85^2 \times 3,14 \times 2 \times 3 / 4) + (1 \times 7\,000 \times 20 \times 3)}{28\,160} = 18,38 \Rightarrow 19. \quad (13)$$

Данный результат означает, что на углубление принятого участка потребуется 19 землесосов. Примем, что услуга земснаряда стоит 150 руб. за 1 м³, и определим стоимость работы техники (руб.):

$$C = v \times 150 = 517\,465 \times 150 = 77\,619\,750. \quad (14)$$

Следовательно, оплата работы одного землесоса (руб.):

$$C_{13} = \frac{C}{z} = \frac{77\,619\,750}{19} = 4\,085\,250. \quad (15)$$

Углубление р. Абакан и очистка её русла позволит увеличить водосборную способность, что значительно снизит риск подтопления окраин г. Абакана при осадках или таянии снега, повысит безопасность Южной дамбы, вернёт р. Абакан в прежнее русло, которое в августе – сентябре 2024 г. угрожало разрушением береговой линии, а также даст возможность для возобновления водных пассажирских и грузовых перевозок [5].

Введение функционирования речных электроходов привлечёт большее количество туристов в регион, позволит активней развиваться туристической инфраструктуре и РХ в целом.

Список источников

1. Методика выбора земснаряда для выемки песчано-гравийной смеси со дна Камы. Пермь: ПНИПУ, 2016.
2. Воронина Ю. Э. Путевые работы и технический флот. Технология работы дноуглубительных снарядов: учеб. пособие. Нижний Новгород: ВГАВТ, 2007. 40 с.
3. Земснаряд «Нижегородец-2» с характеристиками // Сапропель. URL: inform-aduga.ru/equipment/producer/18.
4. Туризм в РХ 2023 г.: цифры и факты // Правительство РХ. URL: r-19.ru/news/turizm/157143.
5. Залихматская М. Ю. Анализ параметров судоходных прорезей и их связь с объёмами дноуглубительных работ // Научные проблемы водного транспорта. 2010. № 28. URL: cyberleninka.ru/article/n/analiz-parametrov-sudohodnyh-prorezej-i-ih-svyaz-s-obyomami-dnougлубitelnyh-rabot.
6. В РХ могут возродить судоходство по р. Абакан. URL: 19news.ru/novosti/v-khakasii-mogut-vozrodit-sudokhodstv.
7. Дноуглубительные работы // Википедия. URL: ru.wikipedia.org/wiki/Дноуглубительные_работы#:~:text=Дноуглубительные%20работы%20-%20разновидность%20земляных,земснаряды%2C%20а%20также%20грунтоотвозные%20шаланды.
8. Публичный доклад главы РХ. URL: vs19.ru/media/2024/04/publichnyj-doklad.pdf.
9. Берег в районе Южной дамбы р. Абакан. URL: vk.com/wall-32348187_337007?ysclid=m2498zvzjz1915457699.
10. Обороты туротрасли РХ растут, но где деньги? URL: pulse19.ru/210610-oboroty-turotrasli-hakasii-rastut-no-gde-dengi.
11. Речной акваэлектробус «Синичка». URL: cruiseinform.ru/catalog/04/fleet/sinichka.

ХОЛОДНЫЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ СМЕСИ И ОПЫТ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В РАМКАХ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Д. Б. Монгуш¹, студент;

Л. Ван², магистрант;

Д. Ю. Небратенко^{1,3}, канд. хим. наук, доцент

¹Российский университет транспорта (МИИТ), Москва, Россия

²Московский государственный технический университет
им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия

³Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Аннотация. В статье рассматривается проблема состояния асфальтобетонных покрытий дорог в России, для решения которой предлагается использовать холодные асфальтобетонные смеси (далее – АБС), позволяющие проводить работы в условиях, не подходящих для проведения работ с горячими АБС. Также в работе указываются положительные и отрицательные свойства холодных АБС. Описана многолетняя практика использования холодного асфальтобетона студентами 3-го курса Российского университета транспорта кафедры «Автомобильные дороги, аэродромы, основания и фундаменты» (АДАОиФ). Поэтапно показана технология ремонта с помощью холодных АБС, которая включает в себя подготовку участка, обработку поверхностей, укладку асфальтобетона с последующей трамбовкой. Проводится мониторинг состояния участков ямочного ремонта на территории Российского университета транспорта.

Ключевые слова: холодная асфальтобетонная смесь, асфальтобетон, битумная эмульсия

Неблагоприятная ситуация с асфальтобетонными покрытиями дорог часто вызвана их не всегда своевременным и качественным ремонтом. Особенно остро это ощущается в крупных городах, когда транспортный поток замирает из-за проблем на дороге. Часто требуется оперативный и качественный ремонт проблемного участка дороги. Однако горячие АБС обычно используются для ремонта в летний период. Для проведения ремонтных работ весной и в осенне-зимний период предлагается применение холодных АБС, которые лучше подходят для устранения дефектов дорожного покрытия.

Сеть автомобильных дорог общего пользования в РФ имеет протяжённость 1 452 200 тыс. км, из которых 51,9 тыс. км – дороги федерального значения, 515,8 тыс. км – регионального значения, 884,5 тыс. км – местного значения [1]. Также известна протяжённость федеральных автомобильных дорог общего пользования по типам покрытия: асфальтобетонные – 86,1 %; щебёночно-гравийные – 7,6 %; цементобетонные – 3,1 %; из чёрного щебня – 2,7 %; грунтовые – 0,5 %.

Температура АБС при приготовлении должна превышать температуру плавления вязкого дорожного битума и составлять 170–190 °С. Полу-

ченный на их основе асфальтобетон отличается высокими характеристиками прочности, длительным сроком службы и повышенной влагоустойчивостью. Одним из минусов горячих АБС является достаточно быстрая теплоотдача в окружающую среду. Остывшую АБС непрактично использовать ввиду плохой удобоукладываемости и сокращения дальности «возки».

Холодная АБС – рационально подобранная смесь, состоящая из минеральной части (щебня, песка и минерального порошка или без него) и жидкого органического вяжущего (жидкого нефтяного дорожного битума или модифицированного жидкого битума), взятых в определённых соотношениях и перемешанных в нагретом состоянии [2]. При необходимости в состав может входить переработанный асфальтобетон в количестве до 15 масс. %.

Преимущества холодных АБС:

- расширенный температурный диапазон (до $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- отсутствие необходимости спецтехники для укладки;
- возможность вторичного применения дорожно-строительных материалов;
- длительность хранения;
- лёгкость использования.

Недостатки:

- длительный период набора конечной прочности;
- низкая водостойкость;
- низкая адгезия к материалу основного покрытия.

Студенты 3-го курса кафедры АДАОиФ рассмотрели все преимущества и недостатки этих материалов и выбрали холодные АБС, чтобы получить опыт по работе с реальными дорожными материалами. В рамках практических работ была выбрана неровность во внутреннем дворе Российского университета транспорта, ремонт которой был проведён с использованием холодных АБС.

Подготовка заключалась в следующем: были вырублены края неровности размерами 25×25 см с помощью специального приспособления, представляющего из себя топор, приваренный основанием к лому (рис. 1).

Для лучшей адгезии были удалены мелкодисперсные компоненты с демонтируемого покрытия с помощью метёлки (рис. 2).

С целью обеспечения надёжного контакта поверхности старого асфальтобетона и холодной АБС была проведена обработка боковых поверхностей битумной дорожной эмульсией (ЭБДК Б) производства ООО «ПТК “Транском”», пос. Свень-транспортная, Брянская обл. [3]. После обращения эмульсии, которое занимает 5–10 мин, вода была убрана из нижней части неровности и начат процесс заполнения холодной АБС.

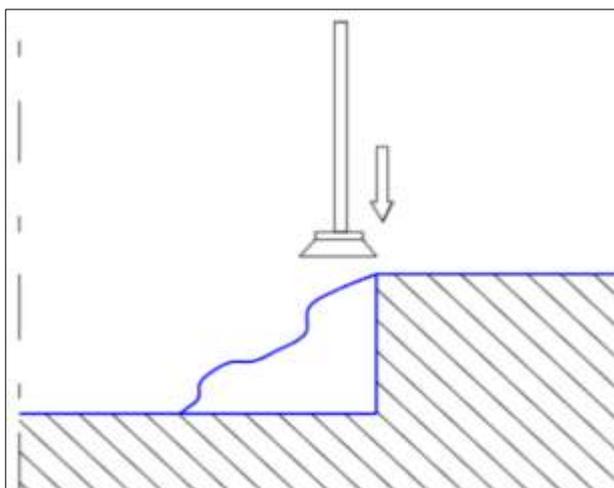


Рис. 1. Схема вырубki краёв неровности



Рис. 2. Удаление мелкодисперсных включений

Смесь хранилась при комнатной температуре (около 25 °С), поэтому была подвижная. В ней большое содержание вяжущего.

Смесь вручную распределили по краям неровности, а затем утрамбовали (рис. 4, а). Постепенно увеличивая количество и направляя трамбовку от центра к краям, было обеспечено плотное прилегание холодной АБС к боковой и нижней поверхностям исходного асфальтобетона (рис. 4, б). Таким образом, был сформирован слой покрытия холодного асфальтобетона толщиной не более 50 см (рис. 4, в). Из-за отсутствия интенсивного движения во дворе засыпать заплатку песком не требовалось.

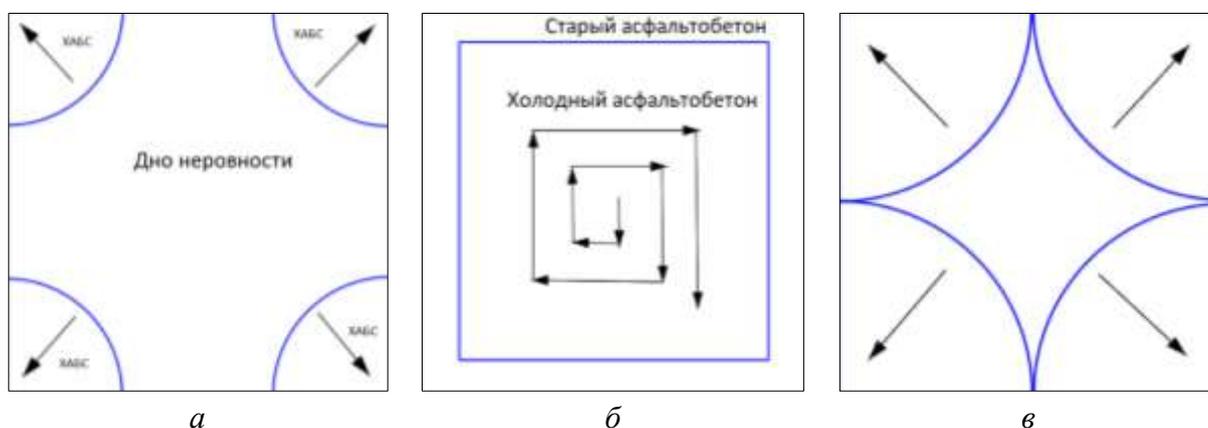


Рис. 4. Схемы закладки холодной АБС с направлениями трамбовки на начальном (а), промежуточном (б), конечном (в) этапах

В соответствии с учебным планом начаты работы по мониторингу состояния места ямочного ремонта (рис. 5).

С целью наглядного установления эффективности указанного способа ремонта на протяжении нескольких лет студентами кафедры АДАОиФ ведётся регулярный визуальный мониторинг состояния восстановленных участков. Один из них находится во внутреннем дворе университета транспорта и находится под наблюдением студентов с сентября 2022 г. Динамика изменения состояния ремонтной зоны представлена на рис. 6.



a

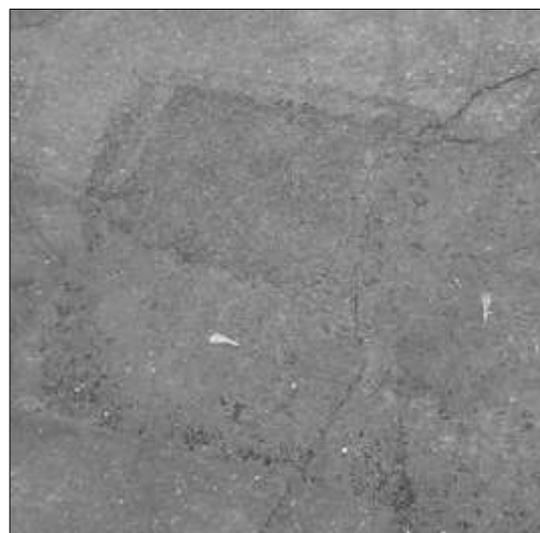


б

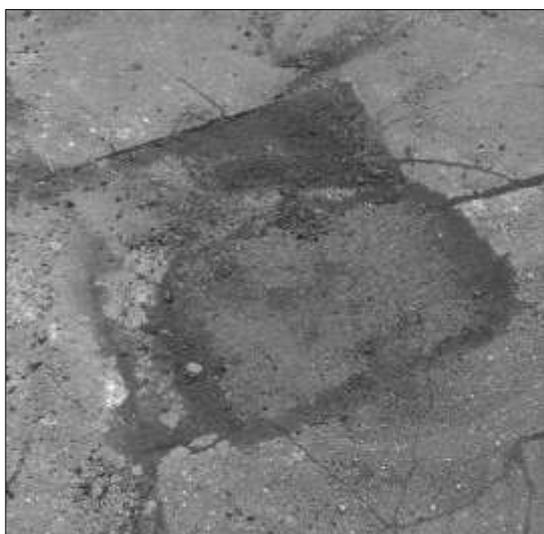
Рис. 5. Состояние ремонтной зоны сразу после ремонта 10.09.24 (*a*)
и через 1 мес. после ремонта 09.10.24 (*б*)



a



б



в



г

Рис. 6. Изменение ремонтной зоны через 1 мес. после ремонта 04.10.22 (*a*),
через 4 мес. 24.01.23 (*б*), через 12 мес. 28.09.23 (*в*), через 26 мес. 10.10.24 (*г*)

По прошествии 2 лет эксплуатации сделан вывод о состоянии объекта ремонта. Установлено, что разрушения ремонтного материала не произошло, адгезия с исходным асфальтобетоном хорошая. Это подтверждает тот факт, что на протяжении уже 2 лет при малых нагрузках холодный асфальтобетон показывает себя хорошо.

Холодный асфальтобетон укладывать легко и удобно. Мониторинг состояния ранее отремонтированных участков подтверждает эффективность применения для указанных целей холодной АБС как минимум на горизонте 3 лет.

Список источников

1. Справка к селекторному совещанию о мерах по улучшению состояния региональных и муниципальных дорог. URL: government.ru/info/22865.

2. ГОСТ Р 70 648-2023. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси холодные асфальтобетонные и асфальтобетон. Общие технические условия. М.: Институт стандартизации, 2023. 28 с.

3. Паспорт качества № Э00000359 от 14.09.2022 на эмульсию битумную дорожную катионную марки Б (ЭБДК Б) ООО «ПТК “Транском”», пос. Свень-транспортная, Брянская обл.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В I ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ

Г. О. Николаева, старший преподаватель
Северо-Восточный федеральный университет, Якутск, Россия

Аннотация. В данной работе представлены результаты исследования влияния степени уплотнения, влажности и температуры на коэффициент влагопроводности талых и мёрзлых грунтов. Проведены три серии испытаний зависимости коэффициента влагопроводности от степени уплотнения талого грунта. Испытаны образцы супеси, суглинка и глины. Сделаны выводы о миграции влаги в талом и мёрзлом грунтах.

Ключевые слова: коэффициент влагопроводности, земляное полотно, влажность, плотность, начальная влажность

Строительство и эксплуатация автомобильных дорог в I дорожно-климатической зоне осуществляется в сложных природно-климатических, геологических и гидрологических условиях, для которых характерны значительные сезонные и суточные колебания температур, жаркое лето и холодная зима, распространение многолетнемёрзлых грунтов и близко залегающих к поверхности подземных вод и др. Поэтому уже после нескольких циклов промерзания-оттаивания (примерно 2–3 года) транспортно-эксплуатационные показатели дорог начинают заметно ухудшаться вследствие деформации покрытия.

Большая часть территории РФ характеризуется длительным зимним периодом и значительным сезонным промерзанием грунтов. В совокупности с неблагоприятными грунтово-гидрологическими условиями это приводит к пучению земляного полотна и дорожной одежды и, соответственно, к повреждениям покрытия. Поэтому при строительстве автомобильных дорог в Центральной Якутии возникает необходимость прогнозирования расчётной влажности грунтов земляного полотна. В таких случаях используются аналитические методы расчёта влажности, основанные на законах миграции влаги. При этом основной расчётной характеристикой, определяющей влагонакопление в грунтах, является величина коэффициента влагопроводности.

В данной работе представлены результаты исследования влияния степени уплотнения, влажности и температуры на коэффициент влагопроводности талых и мёрзлых грунтов. Проведены три серии испытаний. 1-я серия – исследование зависимости коэффициента влагопроводности от степени уплотнения талого грунта. Испытаны образцы супеси, суглинка и глины при начальной влажности $W_n = 8 \%$, коэффициентах уплотнения $K_{упл} = 0,95; 1,00; 1,05; 1,10$ и при температуре $25 \text{ }^\circ\text{C}$. 2-я серия – исследо-

вание влияния начальной влажности на коэффициент влагопроводности талых грунтов. Испытаны образцы супеси, суглинка и глины при начальной влажности $W_n = 8; 12; 16 \%$. 3-я серия – исследование зависимости коэффициента влагопроводности от температуры мёрзлого грунта. Испытаны образцы супеси, суглинка и глины при начальной влажности $W_n = 12 \%$ в диапазоне отрицательных температур от -1 до $-4 \text{ }^\circ\text{C}$.

Таблица 1

Определение коэффициента влагопроводности
(удельная плотность частиц всех образцов грунта – $2,65 \text{ г/см}^3$)

Образец грунта	Начальная влажность грунта, %	Влажность, полной влагоёмкости	Время увлажнения, ч	Плотность скелета грунта, г/см^3	Количество впитываемой воды, г	Коэффициент влагопроводности
1	1,90	3,13	0,52	0,64	6,4	0,20
2	1,30	2,66	0,48	0,64	7,1	0,17
3	0,59	1,78	0,54	0,61	6,2	0,22
4	0,70	2,01	0,58	0,63	6,8	0,41

Определение коэффициента влагопроводности регламентируется действующими нормативными документами [3] с применением метода профессора Н. А. Золотаря на приборе ПКВГ-Футурум. Данной методикой предусмотрено получение значения коэффициента влагопроводности при начальных значениях влажности и плотности грунта за время, необходимое для достижения фронтом увлажнения верхней поверхности образца при его увлажнении снизу.

Величина капиллярного подъёма имеет существенное значение в дорожном строительстве, т. к. может обусловить увлажнение земляного полотна и (в сочетании с другими факторами) образование пучин. Капиллярная вода не подчиняется закону силы тяжести и передвигается в капиллярных порах снизу вверх от уровня грунтовых вод под влиянием подъёмной силы, которая является следствием поверхностного натяжения, развивающегося в вогнутом мениске воды на границе раздела вода – воздух. Она заполняет капиллярные пустоты в породах.

В зависимости от того, сообщается ли капиллярная вода с уровнем грунтовых вод или нет, она подразделяется, по А. Ф. Лебедеву, на капиллярно-подвешенную и собственно капиллярную. Капиллярно-подвешенная вода не сообщается с уровнем грунтовых вод. Она удерживается в мелких порах и трещинах капиллярными силами. Собственно капиллярная вода сообщается с уровнем грунтовых вод. Она поднимается от уровня грунтовых вод вверх по капиллярам под действием силы поверхностного натяжения на границе раздела воды и воздуха, образуя выше уровня грунтовых вод зону капиллярного насыщения.

Величина капиллярного подъёма для разных грунтов различна и зависит от гранулометрического и минералогического составов, структуры грунта, химического состава воды и других факторов. В табл. 2 приведены значения предельной высоты подъёма воды для некоторых типов грунтов.

Таблица 2

Высота капиллярного подъёма воды (м)

Грунт	Высота капиллярного подъёма воды (м)
Песок крупнозернистый	0,02–0,03
Песок среднезернистый	0,12–0,35
Песок мелкозернистый	0,35–1,2
Супесь	1,2–3,5
Суглинок	3,5–6,5
Глина	6,5–12,0

Для проектирования мероприятий, предотвращающих капиллярное влагонакопление, необходимо знать капиллярные свойства грунтов: скорость капиллярного поднятия воды и объём впитавшейся воды в грунте. Эти показатели определяются в лаборатории путём непосредственного наблюдения за поднятием воды в металлическом цилиндре, заполненном исследуемым грунтом.

Значительное влагонакопление в грунтах наблюдается и при отсутствии грунтовых вод. Миграция влаги в зону промерзания объясняется совместным действием капиллярных и молекулярно-адсорбционных сил, действующих на поверхности частиц грунта и вновь образующихся кристаллов льда. Эти силы называются силами кристаллизации. Экспериментальные исследования показали, что приток плёночной воды снизу вверх происходит в грунтах и при отсутствии льда – например, в талом грунте при испарении из него влаги.

Передвижение воды происходит под одновременным действием различных сил, причём главную роль играют адсорбционные силы и соответствующий им механизм передвижения воды [5]. Вид грунта и степень его уплотнения имеют большое значение для капиллярного поднятия влаги. Коэффициент влагопроводности K_w грунта зависит от степени его уплотнения [6]. Следовательно, увеличение степени уплотнения грунта земляного полотна является одним из наиболее эффективных мероприятий по стабилизации водно-теплового режима дорожной конструкции. Глина тяжёлая обладает огромной поверхностной энергией, но из-за большого сопротивления в узких порах имеет малую скорость поднятия воды. Наибольшие величины коэффициента влагопроводности K_w незамёрзшей воды приурочены к температурам от -2 до -3 °С. В этом диапазоне резко снижается поток незамёрзшей воды в мёрзлом грунте и формируются микроширы, со временем переходящие в сплошной прослой льда.

Список источников

1. Ершов Э. Д. Общая геокриология: учебник. М.: МГУ, 2002. 682 с.
2. Ершов Э. Д. Петрография мёрзлых пород: учебник / Э. Д. Ершов, И. Д. Данилов, В. Г. Чеверев. М.: МГУ, 1987. 311 с.
3. ОДН 218.046-01. Проектирование нежёстких дорожных одежд. М.: Министерство транспорта РФ, 2001.
4. Пузаков Н. А. Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог. М.: Автотрансиздат, 1960. С. 23–44.
5. Баженова А. П. Значение осмотических сил в процессе миграции влаги в грунтах. М.: АН СССР, 1957.
6. Николаева Г. О. Исследование влагопроводных свойств земляного полотна автомобильных дорог Центральной Якутии. М.: Транспортное дело России, 2018. С. 347–351.

О РАСЧЁТЕ ОСНОВАНИЯ ПОДПОРНОЙ СТЕНЫ В ЭЛЕКТРОННОЙ ТАБЛИЦЕ

А. А. Новожилов, студент;

С. А. Тумаков, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Россия

Аннотация. В докладе представлены результаты применения электронной таблицы в расчёте оснований подпорной стены. Приведены актуализированные вычислительные формулы расчёта нагрузок и давлений на подпорные сооружения. Показаны алгоритмы вычислительных операций расчёта оснований по 1 и 2-й группам предельных состояний в электронной таблице.

Ключевые слова: *сооружения подпорные, давление грунта, предельные состояния, несущая способность основания, сдвиг по подошве*

Специальное сооружение, предназначенное для восприятия горизонтального давления и удержания грунта, называют подпорной стеной.

Актуальность вопроса применения подпорных стен в дорожном строительстве обусловлена востребованностью данного типа инженерных сооружений для устройства перепадов отметок рядом расположенных территорий в случаях, когда организация откоса невозможна.

Подпорные сооружения обеспечивают перепад отметок планировки и удерживают от обрушения грунт, находящийся за стеной (рис. 1).



Рис. 1. Примеры подпорных сооружений

Также актуально и совершенствование методов расчёта самих подпорных стен и их оснований. Более точные модели расчёта позволяют повысить надёжность проектов и выполненных сооружений и предохранить их от возможных аварий и обрушений. Обновления требований расчёта и проектирования подпорных сооружений отражены в актуализированных нормах.

В докладе рассматриваются массивные подпорные стены, которые удерживают грунт, сопротивляясь сдвигу и опрокидыванию за счёт собственного веса. Примеры массивных стен показаны на рис. 2 (монолитная, сборная из блоков и габионная каменная кладка).

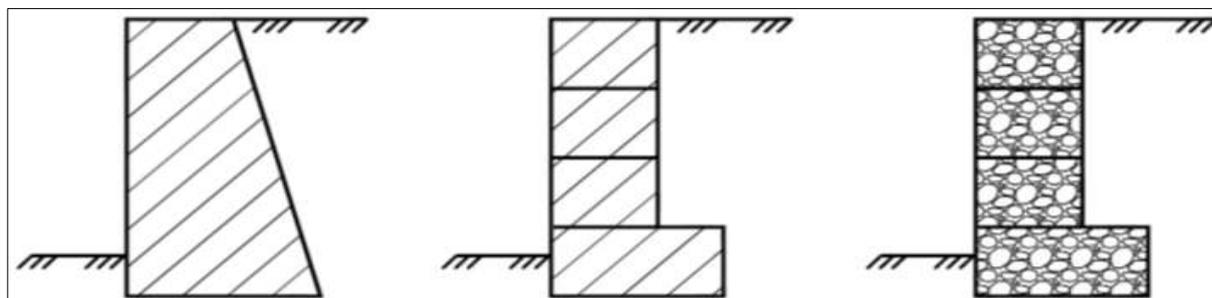


Рис. 2. Массивные подпорные стены

Для обеспечения надёжной и безопасной эксплуатации подпорной стены должны быть выполнены определённые условия. На текущий момент данные условия устанавливаются актуализированными нормами.

Для расчёта в электронной таблице составлен алгоритм вычислений для подпорной стены высотой h , глубиной заложения D , шириной подошвы b и размером обреза стены c . Расчётная схема стены со всеми размерами и нагрузками показана на рис. 3.

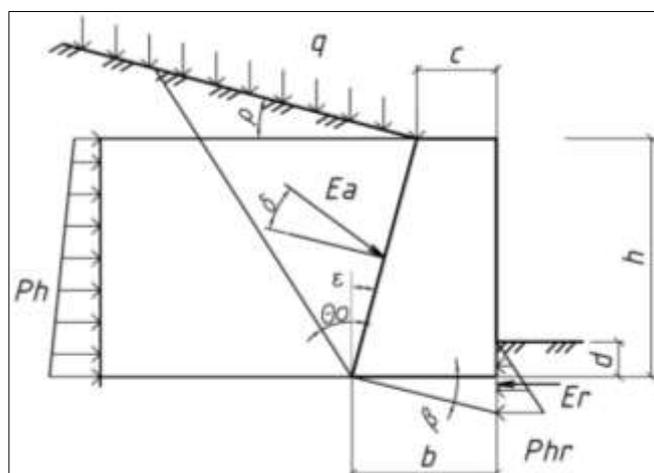


Рис. 3. Расчётная схема массивной подпорной стены

В работе нами предлагается алгоритм автоматизированного расчёта грунтового основания подпорной стены. Алгоритм расчёта в электронной таблице разработан для частного случая грунтовых условий и конструкции стены, однако небольшие коррективы его подразумевают возможность применения и для общего случая рассматриваемого вопроса.

Основные расчётные положения, заложенные в алгоритме представленного приложения, соответствуют актуализированным нормам.

В электронной таблице в соответствующих ячейках записаны формулы, по которым производятся вычисления и оценивается выполнение условий против сдвига и обеспечения несущей способности.

Необходимые для вычислений размеры вертикальных напряжений от собственного веса грунта на глубине y в электронной таблице находятся по известным формулам механики грунтов.

Для случая действия гусеничной нагрузки НГ-60, показанной на рис. 4, при движении её вдоль подпорной стены, в соответствии с актуализированными нормами проектирования нормативное вертикальное давление на глубине y_a определяем по формуле

$$p_v^n = \frac{588}{a_y b_y}, \quad (1)$$

где a_y и b_y вычисляем по формулам, приведённым на рис. 4, а расстояние a' – из соотношения сторон треугольников.

Расстояние y_a определяем выражением

$$y_a = \frac{a}{\tan \Theta_o + \tan \varepsilon}. \quad (2)$$

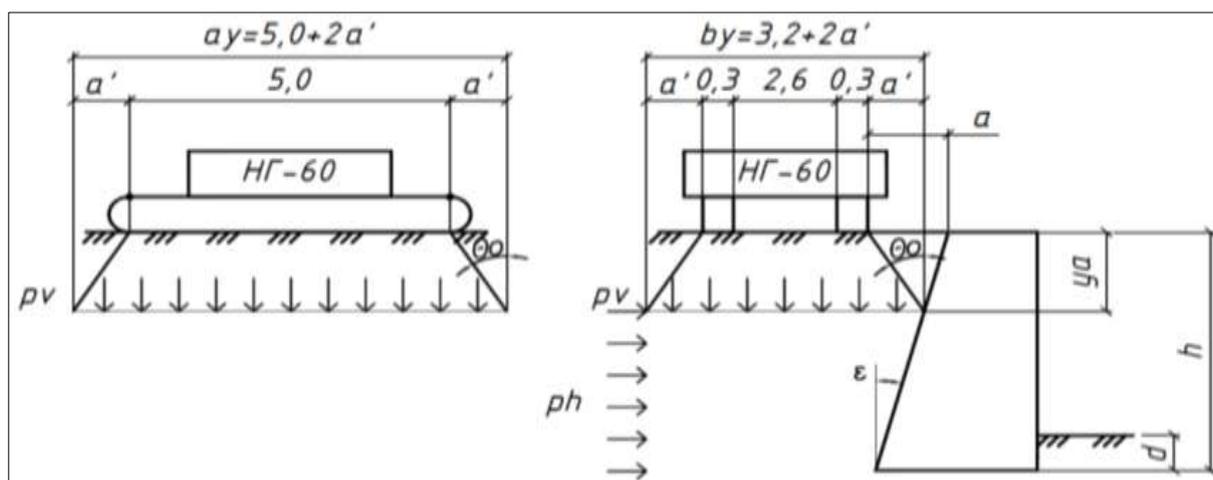


Рис. 4. Схема давления на сооружение от нагрузки НГ-60

Нормативное горизонтальное давление от нагрузки НГ-60 определяем по формуле

$$p_h^n = \lambda_a p_v^n. \quad (3)$$

Электронные таблицы хорошо себя зарекомендовали при выполнении расчётов различных строительных конструкций. Покажем выполнение расчёта основания массивной подпорной стены с использованием электронной таблицы. Приведён частный случай расчёта. В демонстрируемом варианте расчёта наложены следующие ограничения: рассматривается основание, сложенное одним грунтом; в примере отсутствует грунтовая вода; поверхность грунта горизонтальная; на поверхности грунта расположена

гусеничная нагрузка НГ-60; геометрия подпорной стены соответствует рис. 3.

На рис. 5 показаны поля таблицы с вводимой для расчёта информацией. Обязательными исходными данными являются характеристики грунта основания и засыпки для расчёта по несущей способности и деформациям, а также геометрические характеристики подпорной стены.

При вводе значений удельного сцепления грунта функцией ЕСЛИ (лог_выражение; значение_если_истина; [значение_если_ложь]) автоматически устанавливаются ограничения, которые в дальнейшем участвуют в расчётах.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ГРУНТЫ	основание		рад			рад		габариты стены, м	
2		gamma1	19,90		gamma2	20,00		кН/м3	a	0,7
3		fi1, °	24	0,419	fi2, °	25	0,436		b	3,3
4		c1	8		c2	10		кПа	c	1
5									d	1,6
6	ГРУНТЫ	засыпка		рад			рад		h	6
7		gamma1	18		gamma2	18		кН/м3		
8		fi1, °	30	0,524	fi2, °	31	0,541			
9		c1	0		c2	0		кПа		
10	ограничение по c		0	ограничение по c		0		кПа		

Рис. 5. Поле таблицы для ввода исходной информации

После ввода исходной информации автоматически обновляются значения ячеек вычисления параметров δ , ε , λ и Θ .

Алгоритм производимых вычислений в электронной таблице соответствует алгоритму стандартного ручного счёта. В электронной таблице в ячейках по введённым исходным данным по актуализированным формулам выполняются вычисления предварительных показателей и окончательных величин для проверки выполнения или невыполнения условий расчёта основания.

При вычислении равнодействующей от давления на подпорную стену связного грунта, при вычисленных отрицательных давлениях в верхней части стены, на участке с отрицательными давлениями, эти давления приравниваются нулю. При этом в соответствии с п. В.4 эпюру давления преобразуем в треугольную с катетами h и p_h . Покажем на рис. 6 результат вычисления сдвигающих сил в проекции на горизонтальную плоскость.

	A	B	C	D	E	F
46	F sa gamma		146,98	кН	на единицу длины	
47						
48	F sa q		53,60	кН	на единицу длины	
49						
50	F sa		200,58	кН	на единицу длины	

Рис. 6. Вычисление активной сдвигающей силы

В электронной таблице предусмотрены проверки при стандартных углах β по рис. 1: угол β равен нулю, угол β равен половине угла внутреннего трения и угол β равен углу внутреннего трения.

На рис. 7 показан результат расчёта основания для первого случая $\beta = 0$ при исходных данных, показанных на рис. 5.

Условие расчёта выполняется. Для других исходных данных в случае невыполнения необходимого условия следует изменить один или несколько параметров габаритов подпорной стены.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
67	1 случай		бета =	0 град		0,000 рад			
68	F sr/yn	230,21 кН	>	F sa		200,58 кН		условие выполнено	

Рис. 7. Результат расчёта на плоский сдвиг

В электронной таблице при выполнении условия $\tan \delta < \sin \varphi_I$ (здесь δ – угол наклона нагрузки на основание) предусмотрена проверка выполнения условия расчёта основания подпорной стены по несущей способности. Вертикальная сила предельного сопротивления основания подпорной стены вычисляется по формуле

$$N_u = b'l' \left(N_\gamma \xi_\gamma b' \gamma_I + N_q \xi_q \gamma_I' d + N_c \xi_c c_I \right). \quad (4)$$

Поскольку алгоритм расчёта оснований подпорной стены носит прикладной практический характер, нами при вычислении вертикальной силы предельного сопротивления основания использованы таблицы коэффициентов N_γ , N_q и N_c . Для этого на отдельном листе электронной таблицы занесены табличные данные значений коэффициентов N_γ , N_q и N_c . Поиск размеров этих коэффициентов от фактических δ и φ_I осуществляется двойной интерполяцией.

Вначале вычисляются размеры коэффициентов при фактическом δ для всех значений табличных φ . Затем второй интерполяцией вычисленных коэффициентов производится определение коэффициентов для фактического значения φ . Интерполирование в обоих случаях в определённом диапазоне чисел выполняется при помощи стандартной функции электронной таблицы ПРЕДСКАЗ. Поиск искомого диапазона чисел для интерполяции производится стандартными функциями ПОИСКПОЗ и СМЕЩ.

В случае невыполнения условия расчёта изменяем исходные данные до тех пор, пока требуемое условие не выполнится.

В электронной таблице реализован алгоритм вычисления среднего и максимального давлений по подошве и проверка выполнения условий $p \leq R$ и $p_{\max} \leq 1,2R$, что обеспечивает условия расчёта по деформациям.

Расчётное сопротивление R и давления по подошве фундамента вычисляются в зависимости от размера эксцентриситета равнодействующей вертикальной нагрузки на основание.

Выводы. В целях расчёта оснований массивных подпорных стен предложена электронная таблица, содержащая элементы автоматических вычислений по актуализированным нормам проектирования. Таблица в реальном времени позволяет варьировать исходными данными для выполнения условий расчёта основания подпорной стены и тем самым повышения надёжности сооружения. Разработанная электронная таблица может быть применена как в образовательном процессе студентов-дорожников, так и в практических расчётах оснований подпорных стен.

Список источников

1. СП 43.13330.2012. Сооружения промышленных предприятий. Актуал. ред. СНиП 2.09.03-85* / сост.: В. В. Гранев, С. М. Гликин, В. А. Коробков и др. М.: Минрегион, 2012. 102 с.

2. СП 101.13330.2012. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. Актуал. ред. СНиП 2.06.07-87 / сост.: А. В. Иванов, Г. Г. Филиппов, Г. Ф. Ильюшенко и др. М.: Минрегион, 2012. 70 с.

3. СП 381.1325800.2018. Сооружения подпорные. Правила проектирования / сост.: И. В. Колыбин, Д. Е. Разводовский, В. А. Китайкин и др. М.: Стандартинформ, 2013. 104 с.

4. Тумаков С. А. Расчёт грунтового основания подпорной стены по двум группам предельных состояний: метод. указания / С. А. Тумаков, С. М. Милонов, Г. Н. Голубь. Ярославль: ЯГТУ, 2010. 31 с.

5. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуал. ред. СНиП 2.02.01-83* / сост.: В. П. Петрухин, Е. А. Сорочан, И. В. Колыбин и др. М.: Стандартинформ, 2016. 228 с.

КОНЦЕПЦИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТЮМЕНИ

А. А. Оганисян, студент

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

Аннотация. В статье сформулированы основные положения, определяющие проблему муниципалитета Тюмени, вынесен результат обобщения и систематизации отечественного и зарубежного опыта формирования комфортной городской среды посредством внедрения мероприятий, направленных на оптимизацию транспортной инфраструктуры и организации дорожного движения (далее – ОДД). Выделены первоочередные задачи для внесения в муниципальные нормативные документы, регламентирующие ОДД на уровне города.

Ключевые слова: *организация дорожного движения, час пик, автомобильные пробки, уровень автомобилизации, загруженность*

ОДД – это комплекс мероприятий по организации передвижения общественного и личного транспорта на дорогах. В ОДД согласно [1] входят следующие функциональные обязанности ГИБДД:

- фиксация интенсивности передвижения транспортных средств;
- регулировка движения транспортных средств при помощи дорожных знаков;
- расчёт времени переключения сигналов светофора на регулируемых перекрёстках;
- разработка и корректировка правил ДД;
- составление расписания и маршрута общественного транспорта.

С притоком населения в Тюменскую обл. за счёт более высокого уровня благосостояния горожан и числа рабочих мест, в т. ч. в секторах промышленности, транспорта и строительства, наблюдается рост уровня автомобилизации [2].

По результатам мониторинга публичных источников [3] и обработки статистических данных сформулируем ключевые проблемы транспортной логистики объекта оценки – Тюмени (рис. 1).

На рис. 2 вынесена динамика количества зарегистрированных автомобилей [2]. Согласно [4] по росту числа автомобилей на душу населения Тюмень занимает 10-ю строчку в рейтинге (299 авто на 1 000 чел.).

В городской среде обыватель сталкивается с падением пропускной способности автомагистралей, путепровода, транспортных узлов в силу автомобильных пробок, что свойственно не только мегаполисам в определённые часы. Увеличение времени нахождения в автомобильных пробках (рис. 3) пагубно сказывается на психологическом состоянии горожан, на окружающей среде.



Рис. 1. Мастер-план транспортной инфраструктуры Тюмени [3]

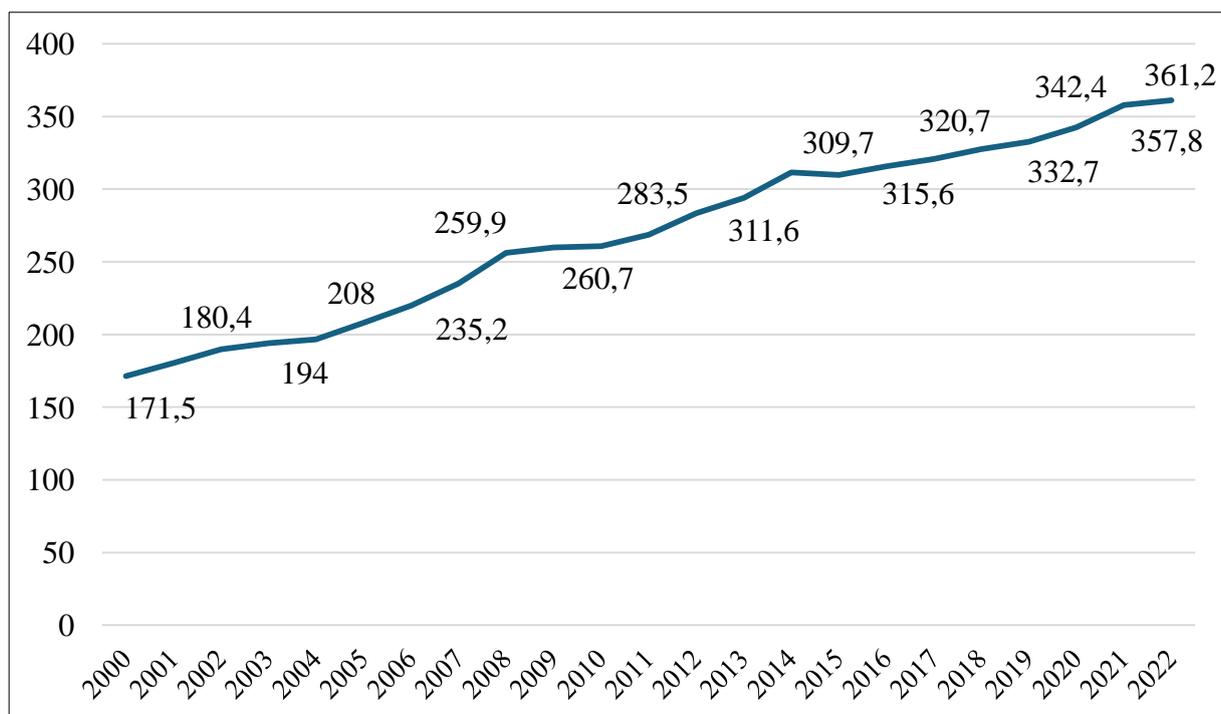


Рис. 2. Динамика уровня автомобилизации Тюменской обл., число автомобилей на 1 000 чел. населения

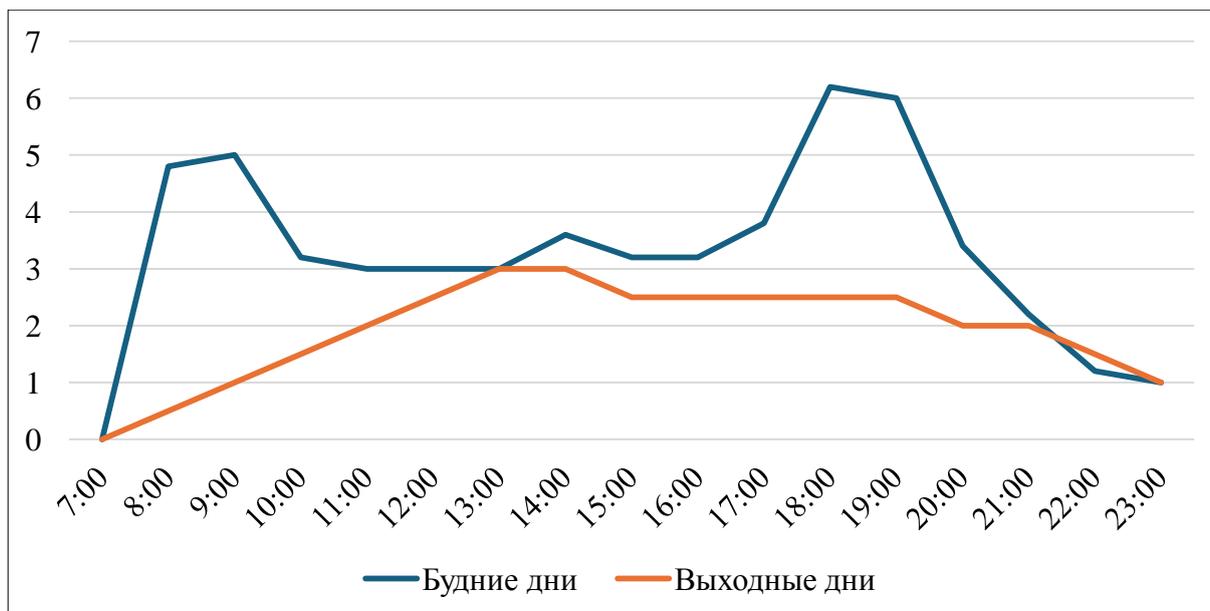


Рис. 3. Средний уровень ежедневных пробок Тюмени по часам [5]

Можно сделать вывод о том, что максимальный уровень пробок (в час пик) на дорогах Тюмени достигается в промежутки времени с 8:00 до 9:00 и с 18:00 до 19:00, что свойственно всем городам-миллионникам.

Сформулируем отрицательные последствия данного явления для общества в целом и экономики в частности:

- 1) перерасход топлива на 100 км;
- 2) потеря производительности труда работника в силу перенесённого стресса, полученного на трансфере;
- 3) опоздания на рабочее место и возможные санкции от компании в адрес работника вследствие нарушения трудовой дисциплины и пр.

Подводя итог вышесказанному, приходим к выводу об актуальности поиска путей повышения пропускной способности транспортного потока в городской среде.

В XXI в. особую актуальность приобретают меры по совершенствованию (увеличению эффективности) ОДД.

Как показывает отечественная практика [6], проблемы транспортно-логистической инфраструктуры схожи. В Тюмени больше всего от пробок в час пик страдают центр города и транспортный узел для транзита с выездом на трассы федерального назначения (рис. 4).

В отечественной и зарубежной практике выделяют следующие ключевые направления совершенствования ОДД [7] (их следует применить к особенностям Тюмени при актуализации генерального плана, утверждённого 27.06.2024):

- 1) устройство полос с реверсивным движением;
- 2) увеличение количества полос на загруженных участках;
- 3) регулировка времени переключения сигналов светофоров;
- 4) продолжение «запрета левых поворотов» по городским магистралям и увеличение числа участков улиц с односторонним движением при наличии параллельных улиц.

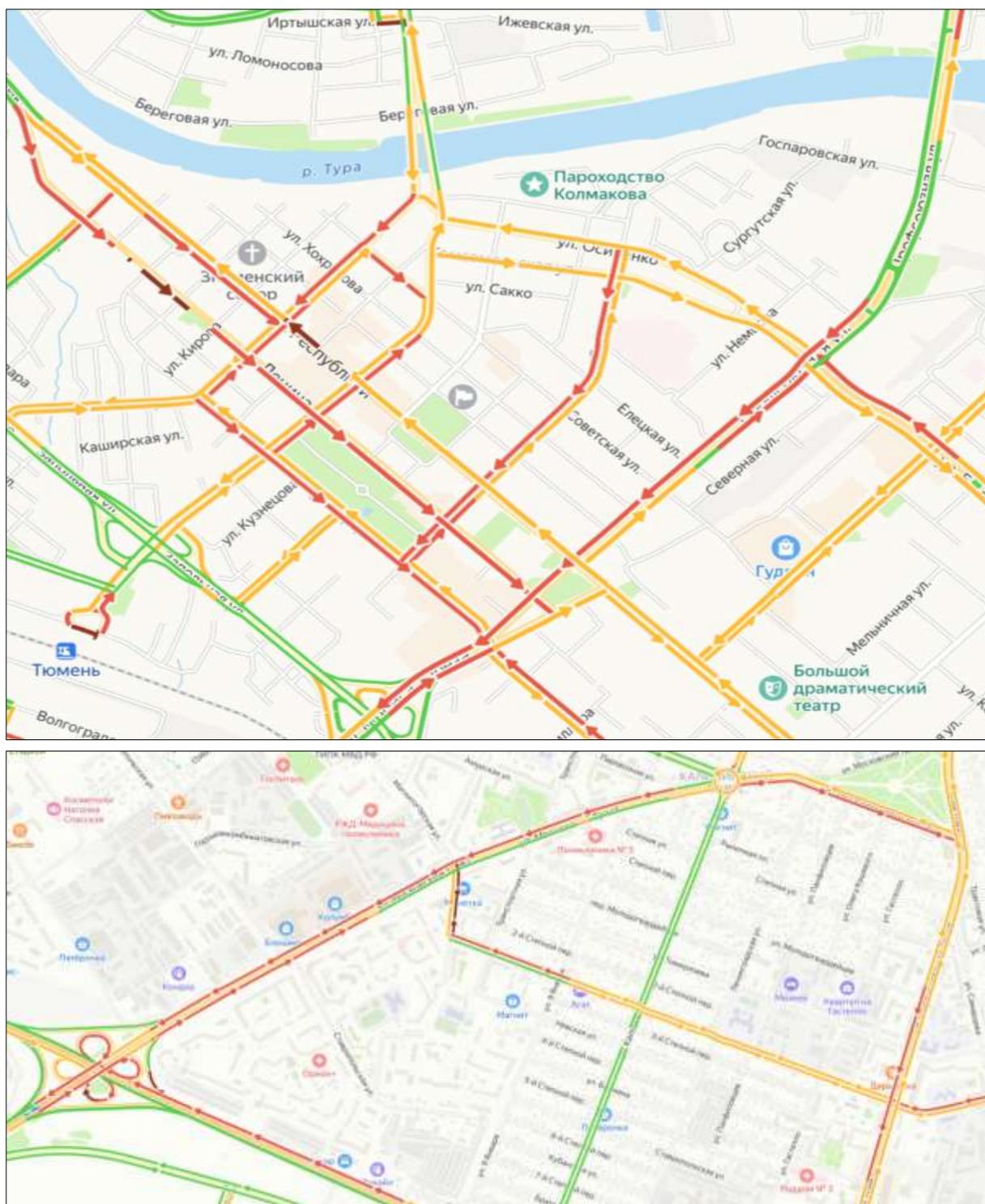


Рис. 4. Ситуационный план в пиковый период наблюдения.
 Центр Тюмени и Московский тракт [5]

Сформулированные нами первостепенные шаги по оптимизации транспортных потоков в Тюмени будут способствовать дальнейшему росту рейтингов привлекательности и притоку постоянного населения.

Итак, в ходе проведённого исследования загруженности улиц Тюмени автором статьи выявлены проблемы и предложена концепция актуализации транспортной логистики согласно действующему генеральному плану с усовершенствованной ОДД города.

Список источников

1. Об организации дорожного движения в РФ и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ: Федер. закон № 443-ФЗ от 29.12.2017. 7 с.
2. Количество собственных легковых автомобилей на 1 000 чел. населения (с 2000 г.). URL: rosstat.gov.ru.
3. В Тюмени перестроят микрорайон ДОК: что там будет, когда, фото. URL: ura.news/news/1052782692.
4. Топ-5 городов России с самым высоким количеством автомобилей на душу населения. URL: dzen.ru/a/X76kRNgarxgbgXcT.
5. Пробки-онлайн в Тюмени. URL: probki-online.ru/probki-online.php?city=tumen.
6. Россияне рассказали о причинах городских пробок. URL: nafi.ru/analytics/rossiyane-rasskazali-o-prichinakh-gorodskikh-probok.
7. Предложения по организации дорожного движения. URL: simetracgroup.ru/cities-regions/odd.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

А. Б. Павликов, аспирант;

А. В. Каменчуков, канд. техн. наук, доцент

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия

Аннотация. В целях повышения качества оснований автомобильных дорог из местных грунтов на территории Хабаровска были проведены лабораторные и полевые испытания. Определён гранулометрический состав грунта, тип грунта, угол внутреннего трения и сдвигоустойчивость, а также динамический модуль упругости по методикам, закреплённым в нормативных документах.

Ключевые слова: *автомобильная дорога, грунты, сцепление, модуль упругости грунта*

Повышение качества оснований автомобильных дорог является одной из важнейших задач в дорожном строительстве. Актуальность исследования обусловлена необходимостью улучшения условий эксплуатации автомобильных дорог и снижения затрат на их содержание и ремонт. Неудовлетворительные показатели прочности и устойчивости грунтов на территории Хабаровска приводят к преждевременному отказу конструкции дорожной одежды, что влечёт за собой дорогостоящий ремонт, а в некоторых случаях реконструкцию. Это позволяет сделать вывод о необходимости проведения детальных исследований в данном направлении.

Устойчивость сооружения определяется не только конструктивными особенностями автомобильной дороги, но и свойствами грунта, на котором оно расположена [1; 2].

Целью настоящего исследования является определение физико-механических характеристик местных грунтов. Методология исследования включает в себя полевые и лабораторные испытания, а также статистический анализ данных.

В качестве объекта исследования было выбрано четыре участка на территории косогорных склонов в северном округе города. Были взяты пробы грунтов для лаборатории, а также проведены полевые работы.

В целях установления типа грунта в лаборатории было отобрано 10 проб по 3 кг каждая. По методике, приведённой в ГОСТ 12 536-2014 «Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава» [3] (п. 4.2), был определён гранулометрический состав грунта. Результаты приведены в табл. 1.

Для установления подвида глинистых грунтов было определено число пластичности согласно ГОСТ 5 180-2015 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик». В табл. 2 приведены данные по числу пластичности (верхние и нижние границы).

Таблица 1

Гранулометрический состав местного грунта

Проба	Сито, мм					
	2	1	0,5	0,25	1	Остаток
1	10,90	31,40	37,10	22,90	23,30	71,60
	5,53	15,92	18,81	11,61	11,82	36,31
2	5,80	37,40	49,90	27,70	26,80	50,90
	2,92	18,84	25,14	13,95	13,50	25,64
3	10,40	29,10	43,10	26,80	73,80	15,70
	5,23	14,63	21,67	13,47	37,10	7,89
4	6,10	30,50	42,70	26,10	48,10	45,90
	3,06	15,30	21,41	13,09	24,12	23,02
5	35,50	41,50	37,60	22,50	55,40	7,10
	17,79	20,79	18,84	11,27	27,76	3,56
6	10,10	28,90	39,90	26,80	38,40	54,20
	5,09	14,57	20,12	13,51	19,36	27,33
7	14,40	40,70	42,90	23,60	61,40	16,90
	7,20	20,36	21,46	11,81	30,72	8,45
8	26,20	36,10	38,20	18,50	49,90	30,90
	13,11	18,07	19,12	9,26	24,97	15,47
9	9,80	32,60	39,10	20,80	53,50	44,10
	4,90	16,31	19,56	10,41	26,76	22,06
10	8,40	39,20	39,20	21,60	54,70	35,80
	4,22	19,71	19,71	10,86	27,50	18,00

Таблица 2

Данные по определению границ пластичности

Проба	Бюкс	Масса бюкса (г)	Масса грунта + бюкса влажного (г)	Масса грунта + бюкса сухого (г)	ВГП
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<i>Нижняя граница пластичности</i>					
1	1	22,3	38,7	35,4	25
	2	21,9	37,2	34,7	20
2	5	21,5	37	34,2	22
	6	20	36,9	33,6	24
3	9	20,4	36,5	33,7	21
	10	21,4	36,7	34,1	20

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
4	13	24,4	38,2	36,2	17
	14	22,2	37,6	35,5	16
5	17	20,8	38,2	34	32
	18	19,8	38,4	34,1	30
<i>Верхняя граница пластичности</i>					
1	3	21,6	49,6	42,4	35
	4	21,5	60,1	51,5	29
2	7	22	65,2	55,2	30
	8	21,2	56,4	47,6	33
3	11	19,4	60,4	51,2	29
	12	21,2	66,3	56,2	29
4	15	21,6	69,7	60,1	25
	16	22	68,8	59,7	24
5	19	21,6	61,6	49,8	42
	20	20,6	62,9	51	39

Можно сделать вывод о том, что исследуемый грунт – суглинок.

Для определения угла внутреннего трения и сцепления грунта был использован прибор трёхосного сжатия. По итогам проведённых испытаний было выявлено следующее: угол внутреннего трения грунта равен 36° , сцепление – 143 кПа.

В настоящее время в отечественном автодорожном строительстве активно применяются методы для контроля уплотнения и определения деформационных характеристик грунта методом динамического (ударного) нагружения штамповой нагрузкой.

Динамический модуль упругости – одна из ключевых характеристик грунта, показывающая способность материала сопротивляться деформациям под воздействием внешних сил. Данный метод отражает поведение грунта при быстром приложении нагрузки – например, имитации проезда автомобиля по дорожному покрытию.

В исследовании [4] показано, что способность слоя перераспределять давление зависит не только от диаметра площадки, передающей нагрузку, а также от толщины слоя и не зависит от его жёсткости.

В проведённом исследовании был использован прибор – динамический плотномер ДПГ-1.2 [5].

В табл. 3 и 4 приведены результаты испытаний грунтов на четырёх разных участках города. Из данных видно, что значение модуля деформации на участке № 1 в несколько раз меньше – вероятно, это обусловлено тем, что точка испытания находилась вблизи водоёма.

Таблица 3

Результаты испытаний грунтов

Серия	Динамический модуль E_{vd} (МПа)	Коэффициент уплотнения $K_{упл}$	Степень уплотнения S/V (мс)	Сила удара F (кН)	Перемещение S (мм)
1	3,5	0,98	5,281	2,850	2,370
2	13,6	1,01	4,264	7,760	1,675
3	14,1	0,98	4,267	7,822	1,627
4	12,4	0,97	4,247	7,853	1,580

Таблица 4

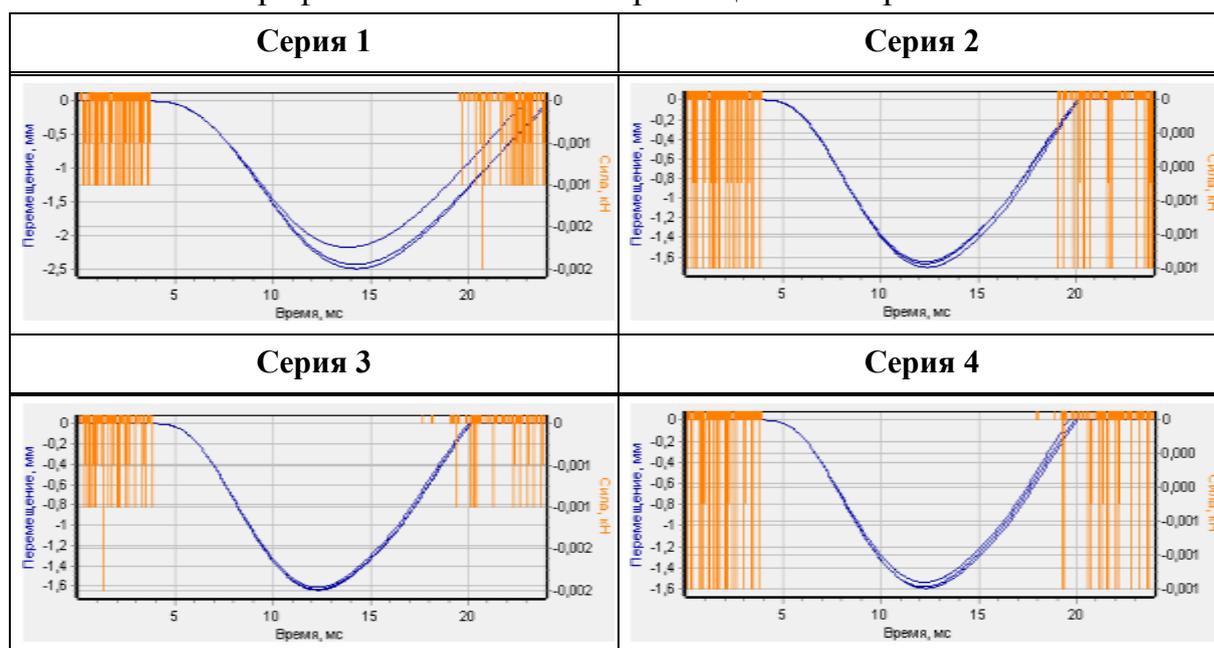
Результаты испытаний грунтов

Серия	Сброс	S (мм)	S_{cp} (мм)	E_{vd} (МПа)
1	1	2,499	2,370	3,5
	2	2,433		
	3	2,179		
2	1	1,706	1,675	13,6
	2	1,669		
	3	1,650		
3	1	1,630	1,627	14,1
	2	1,640		
	3	1,611		
4	1	1,537	1,580	12,4
	2	1,581		
	3	1,595		
Среднее значение модуля деформации (E_{vd}) на участке				11,08
Однородность модуля деформации V (E_{vd}) на участке				0,38

В табл. 5 показаны графики зависимостей, полученные по итогам испытаний.

Из проведенного исследования видно, что изученный грунт пригоден для строительства оснований дорожных одежд, но из-за своей неоднородности требует более детального изучения. Данное направление исследований имеет перспективы развития, связанные с изучением местных материалов, современных методов и технологий укрепления и стабилизации грунтов для строительства и эксплуатации автомобильных дорог. Это позволит существенно улучшить качество оснований автомобильных дорог и повысить безопасность движения транспорта в городе и крае.

Графики зависимости перемещения от времени

**Список источников**

1. Бабков В. Ф. Проектирование автомобильных дорог. Ч. 1 / В. Ф. Бабков, О. В. Андреев. М.: Транспорт, 1987.

2. Бируля А. К. Работоспособность дорожных одежд. М.: Транспорт, 1968. 172 с.

3. ГОСТ 12 536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. М.: Стандартинформ, 2015. 22 с.

4. Смирнов А. В. Колебания и волны в дорожных конструкциях. Омск: СибАДИ, 2006. 107 с.

5. Руководство по эксплуатации ДПГ-1.2. URL: interpribor.com/assets/userfiles/9/116/dpg-1.2%20BT.pdf.

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА РЕГЛАМЕНТА СОДЕРЖАНИЯ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД В КРАСНОЯРСКЕ

Е. Ю. Парфенова, студент;
Е. А. Красильникова, студент;
А. П. Мохирев, д-р техн. наук, профессор;
В. В. Серватинский, канд. техн. наук, доцент
Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В статье представлено обоснование регламента по техническим параметрам и времени уборки автомобильных дорог Красноярска в зимний период в зависимости от природно-климатических условий.

Ключевые слова: *уборка автомобильных дорог, природно-климатические условия, зимний период, метелевый поток, время уборки, районирование города, снегопринос, анализ*

Рост автомобильного парка, увеличение объёма грузооборота и перевозок пассажиров предъявляет высокие требования к содержанию автомобильных дорог, улиц и обеспечению безопасности движения. В зимний период появление на дорожных покрытиях снежно-ледяных отложений приводит к снижению скорости и производительности транспортных средств, увеличивая себестоимость перевозок и количество ДТП. В связи с этим необходимо максимально использовать эффективные и экономичные способы борьбы со снегом и льдом на дорогах и улицах.

Таким образом, актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью поиска комплексного пути решения проблемы снегоудаления в Красноярске, адаптации для этого существующих и перспективных технологий.

Целью исследования является совершенствование технологии выполнения работ по уборке автомобильных дорог в зимний период с учётом природно-климатических условий.

Задачи исследования:

1) провести анализ природно-климатических условий города и районирование территории города, а также рассмотреть трудности организации уборки автомобильных дорог города в зимний период;

2) разработать проект регламента по техническим параметрам и времени уборки автомобильных дорог города в зимний период, снегоочистки в зависимости от особенностей природно-климатических условий района расположения автомобильной дороги.

Проведённый анализ направлен на упорядочивание действий работ в целях организации эффективной системы снегоудаления в Красноярске.

Объект исследования – система снегоудаления в Красноярске.

Красноярск расположен на обоих берегах Енисея. Рельеф города холмистый; вокруг горы.

Красноярск находится в зоне резко континентального климата, который несколько смягчается под влиянием незамерзающего зимой Енисея и Красноярского водохранилища. Среднегодовая температура воздуха – около $+2^{\circ}$. Самый холодный месяц – январь со средней температурой -16° . Зима в Красноярске начинается в середине октября и заканчивается в последних числах апреля. Зима характеризуется сухой и морозной погодой, оттепели случаются редко. Среднегодовое количество осадков составляет около 500 мм, максимум приходится на июль, минимум – на февраль. Явно выраженный господствующий ветер – юго-западного направления.

Для условий Красноярска формирование метелей – явление достаточно редкое в силу незначительных скоростей ветрового потока (среднее значение скорости ветра – 2,3 м/с), т. к. метелевый поток формируется при скоростях воздушно-массового потока более 5 м/с, что подтверждается статистическими данными: среднее многолетнее число дней с метелями – не более 38 за весь холодный период года. Тогда как выпадение твёрдых осадков (снегопад) – явление частое: среднее многолетнее число дней с выпадением снега – 144. Тем не менее скоростные режимы ветров в порывах в среднем достигают значений 15–18 м/с, что требует количественной оценки метелей.

Формирование метелей (снегопринос наблюдается «пятнами») по территории города объясняется закономерностями отложения снега при изменениях характеристик воздушно-массового потока (метели). Снегонасыщенные воздушные массы, двигаясь с юго-запада, встречая на своём пути долину Енисея, частично перераспределяются, разделяясь на два потока. Часть осуществляет движение по долине реки (коридор) и утрачивает кинетическую энергию потока, разгружаясь (выпадением снега из метели) за счёт воздействия незамерзающего водного потока. Второй поток устремляется с западных границ города (Октябрьский р-н) и встречает резкое понижение к центральной части городской застройки. Резкое увеличение фронта метели (перепад достигает значений более 300 м на протяжении 6–8 км) приводит к падению скорости метели и, следовательно, уменьшению транспортирующей способности метелевого потока, что приводит к отложению снега.

При пересчёте величины выпадающих снеговых отложений количество снежных масс для подветренных территорий города (Октябрьский, частично Железнодорожный и Центральный районы) возрастает на 28–36 % по отношению к другим районам, что подтверждается данными гидрометеослужбы. Далее ненасыщенный (снегом) воздушный поток при наличии устойчивого ветра и при отсутствии устойчивого снежного покрова на территории города достигает снегонасыщения и транспортирующей способности к восточным границам города, где и происходит отложение снега, но уже большей частью на границе города и за городской чертой.

Необходимо отметить как отдельный участок, подверженный воздействию метелевого потока, северо-восточную часть города (Солнечный мкр-н). Вследствие увеличения высотных отметок и осуществления сокращения (сжатия) фронта метели скорость воздушных масс увеличивается, длина разгона метели сокращается до значений 6–8 км. Наличие незастроенных территорий со сформированным снежным покровом (северная и северо-восточные части города, Советский р-н) повышает снегонасыщение воздушных масс, встречающих на своём пути жилую застройку, являющуюся препятствием в приземном слое, где и происходит дополнительное снегоотложение вследствие снегоприноса.

При оценке территории города по трудности зимнего содержания необходимо отметить участки улично-дорожной сети (далее – УДС) на расстоянии до 1 км от русла Енисея, включая мосты через реки (четыре моста через Енисей и семь – через р. Качу (в меньшей степени)), подверженные образованию зимней скользкости вследствие парения открытой водной по-верхности незамерзающих водотоков.

На основании анализа природно-климатических условий Красноярска, рельефа и орографической характеристики территории возможно провести районирование УДС города по условиям (видам работ) зимнего содержания, что позволит планомерно определить материально-технические, финансовые и временные затраты для обеспечения БДД в зимний период.

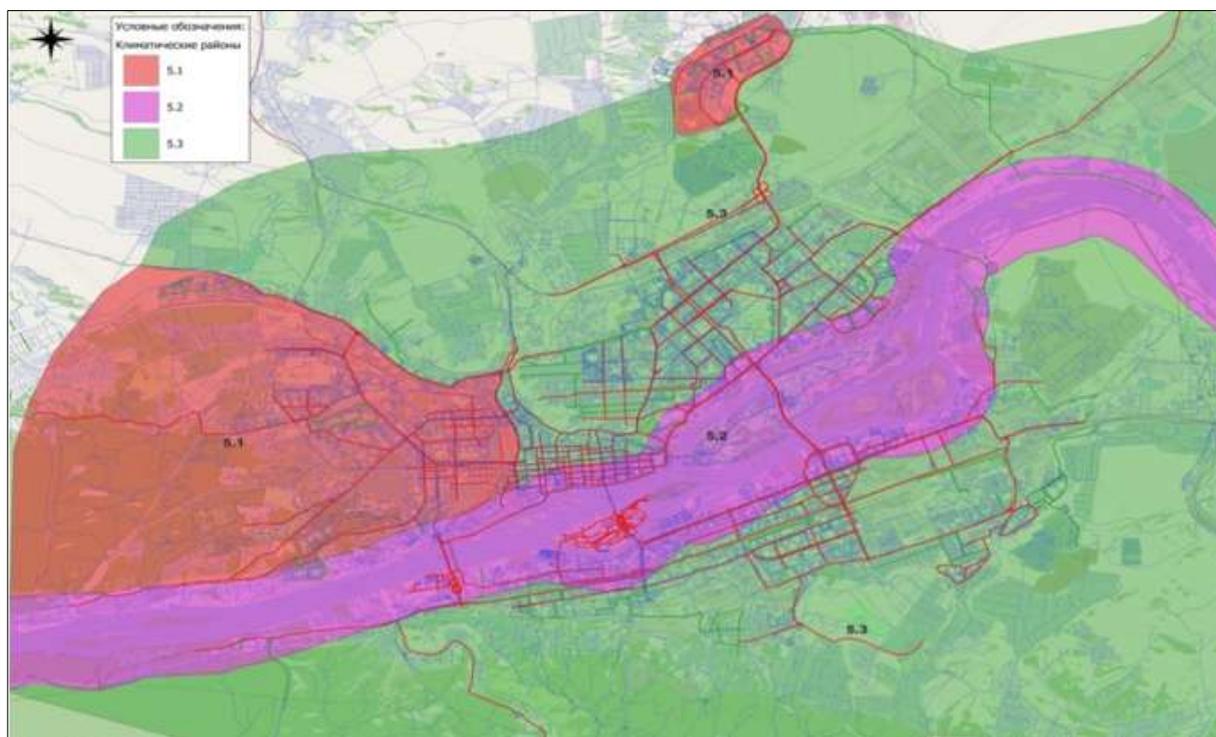


Рис. 1. Районирование территории города

Выделенные районы не имеют точных явно выраженных границ вследствие вероятностного характера природных явлений в зимний период. Границы выделенных районов трудности зимнего содержания Красноярска не совпадают с административным делением города.

Опишем виды работ на территориях, обозначенных на рис. 1:

– красным цветом (наиболее сложной снегоборьбы): патрульная снегоочистка; очистка от снежных заносов; борьба с зимней скользкостью, возникающей вследствие отложения снега на поверхности покрытия;

– фиолетовым цветом (сложной снегоборьбы): патрульная снегоочистка; борьба с зимней скользкостью, возникающей вследствие отложения снега на поверхности покрытия; борьба с зимней скользкостью в бесснежные периоды, возникающей вследствие образования гололедицы, изморози, образующихся при конденсации и льдообразовании водяного пара из-за наличия открытых незамерзающих водотоков;

– зелёным цветом (снегоборьбы): патрульная снегоочистка; борьба с зимней скользкостью.

Основной задачей уборки объектов УДС в зимний период является обеспечение беспрепятственного движения транспортных средств и пешеходов.

Технология зимней уборки городских дорог основана на комплексном применении средств механизации и противогололёдных материалов (далее – ПГМ), что является наиболее эффективным и рациональным в условиях интенсивного транспортного движения.

В случае чрезвычайных погодных условий администрации районов Красноярска вправе привлекать по договору дополнительную специализированную технику сторонних организаций для обеспечения выполнения работ по уборке территории муниципального образования.

Организации, отвечающие за уборку городских территорий, в срок должны обеспечить подготовку мест для складирования необходимого количества ПГМ с учётом требований по их хранению [1].

Срок устранения рыхлого или талого снега отсчитывается с момента окончания снегопада и (или) метели до полного его устранения, а зимней скользкости – с момента её обнаружения. К первоочередным операциям зимней уборки относятся: обработка проезжей части дороги ПГМ; сгребаение и подметание снега; формирование снежного вала для последующего вывоза; выполнение разрывов в валах снега на перекрёстках, у остановок городского пассажирского транспорта, подъездов к административным и общественным зданиям, выездов из дворов и т. п. К операциям второй очереди относятся удаление снега (вывоз); зачистка дорожных лотков после удаления снега; скалывание льда и удаление снежно-ледяных образований механизированным и ручным способом [2].

Работы по борьбе со снежно-ледяными образованиями наиболее важны, т. к. эффективность их выполнения определяет качество содержания дорожных покрытий. В первую очередь ПГМ обрабатываются наиболее опасные для движения транспорта участки магистралей и улиц – крутые спуски и подъёмы, мосты, путепроводы, тормозные площадки на перекрёстках улиц и остановках общественного транспорта, что составляет 40 % от площади (средний расход – 40 г/м²).

Вывоз снега с улиц и проездов осуществляется в два этапа. Первоочередной (выборочный) вывоз снега от остановок городского пассажирского транспорта, наземных пешеходных переходов, мостов и путепроводов, въездов на территорию больниц и других социально важных объектов осуществляется в течение 3 дней после окончания снегопада [3].

Проблему снегоудаления необходимо решать, рассматривая её во всей её полноте, комплексно и на всех масштабных уровнях: на уровне пространственной организации градостроительной системы; организации инженерно-транспортной инфраструктуры, природно-климатических характеристик, размещения и планировки снегоотвалов и станций снегооттаивания, логистики снеговывоза, благоустройства и содержания общественных и дворовых территорий, применения перспективных городских технологий.

Для организации эффективной системы снегоудаления можно рекомендовать реализацию комплексного подхода, сочетающего следующие технологии:

- районирование города по степени снегоборьбы исходя из природно-климатических характеристик;
- подготовка мест для складирования необходимого количества ПГМ с учётом требований по их хранению;
- создание системы полигонов для таяния снега естественным путём.

Данный подход поможет решить проблему удаления снега с улиц городов и обеспечит формирование более комфортной и безопасной городской среды, повысит устойчивость развития урбанизированных территорий.

Список источников

1. Гаспарян А. С. Разработка технологических схем производства работ по зимнему содержанию автомобильных дорог, повышающих безопасность движения: автореф. дисс. канд. техн. наук. Воронеж, 2011. 17 с.
2. Самодурова Т. В. Оперативное управление зимним содержанием дорог: научные основы: моногр. Воронеж: ВГУ, 2003.
3. Коденцева Ю. В. Обоснование ресурсоёмкости зимнего содержания сети автомобильных дорог на основе районирования территорий по неблагоприятным климатическим факторам: автореф. дисс. канд. техн. наук.

НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ДОМАМИ, ПОСТРОЕННЫМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ОРГАНИЗОВАННОГО ЗАМАЧИВАНИЯ (ПОСЁЛОК СОЛОНЦЫ, ГОРОД КРАСНОЯРСК)

Н. А. Поздняков, студент;

О. З. Халимов, канд. техн. наук, доцент

*Хакасский технический институт –
филиал Сибирского федерального университета, Абакан, Россия*

Аннотация. В статье описан опыт строительства 1-эт. домов методом организованного замачивания. Возведённые не по проектному решению дома на естественном просадочном основании были не демонтированы, а подвергнуты замачиванию. За 41 год эксперимента пять домов на Садовой ул. в пос. Солонцы под Красноярском не получили дополнительных деформаций.

Ключевые слова: *посёлок Солонцы, просадочность, замачивание под нагрузкой здания, просадочные грунты*

Просадочные грунты – грунты, обладающие неустойчивой физико-механической структурой. Также они обладают пористой структурой с большим соотношением пустот и низкой для грунтов плотностью. Однако при достаточном увлажнении молекулярные связи внутри самих частиц ослабевают и начинает наблюдаться просадка, увеличивается плотность, а также меняется сама структура грунта [1].

Метод регулируемого замачивания грунта применяется в строительстве оснований и фундаментов с целью устранения крена зданий при скачкообразной просадке грунта при уже полностью или частично возведённом здании. Суть метода кроется в организации работ по подаче воды в регулируемых дозах, зависящих от скорости деформации просадочных грунтов. Постоянный мониторинг за деформациями позволит регулировать скорость и объём воды. При этом необходимо учитывать инерцию грунтового массива и здания для недопущения избыточных деформаций.

Превосходство метода регулируемого увлажнения грунта перед методом предварительного увлажнения кроется в том, что грунт уплотняется и осаживается по всей нагруженной глубине, чего нет при использовании метода предварительного замачивания. При применении метода предварительного замачивания верхние слои почвы практически не уплотняются.

Одной из кафедр Грозненского нефтяного института совместно с коллективом сотрудников Московского инженерно-строительного института в 1-й пол. 1960-х гг. в г. Грозном Чеченской Респ. был разработан и непосредственно внедрён в практику строительства современный и эффективный метод организованного увлажнения грунтов для ликвидации просадочных свойств грунтов, находящихся под основанием здания [1; 2].

Длительные наблюдения за опытными зданиями, построенными в Грозном, проводившиеся изобретателями данного метода, свидетельствуют о том, что эти опытные здания эксплуатируются и по сей день без каких-либо проявлений, связанных с просадкой грунтов, расположенных под основанием здания, и весомо доказали эффективность метода организованного замачивания грунта для повышения безопасности жилого фонда на местностях с просадочными грунтами и высокой сейсмоактивностью [3].

В Красноярске и его городском округе общепринятыми для строительства являются свайные фундаменты. Они остаются основными и по сей день, т. к. просадка грунтов составляет около 10–20 см, а это 2-й тип просадочности грунта (помимо просадки грунта от внешней нагрузки возможна просадка от собственного веса).

В пос. Солонцы Емельяновского р-на, что находится под Красноярском, в 80-х гг. XX в. было запроектировано 250 жилых 1-эт. панельных домов на свайных фундаментах. В грунте на склонах проектируемого посёлка залежали эолово-делювиальные отложения с довольно высокими просадочными свойствами. Проект предусматривал 41 сваю под каждый дом, длина свай варьировалась от 8 до 12 м. Однако крайне высокая плотность лессовидных просадочных суглинков мешала забивке свай на проектную глубину. Исходя из этого было предложено возвести фундаменты на естественном основании с железобетонной подушкой, ширина которой составляет около 1,5 м. Но, несмотря на увеличенную ширину подошвы фундамента, расчётная просадка при замачивании превышала предельно допустимое значение, равное 8 см. Для возведённых домов на естественном основании, которыми являлись просадочные грунты, свойственные этой местности, было решено не допустить их демонтаж, а выполнить регулируемое (организованное) замачивание грунтов основания путём заливки воды в подвалы, что и было сделано. После выполнения первых проработок вариантов оснований и фундаментов было выяснено, что подрядная строительная организация возвела фундаменты на естественном основании с железобетонной подушкой шириной 1,6 м. Было проведено организованное замачивание грунта именно под подошвой фундамента домов. После замачивания и стабилизации просадок в течение 3 нед. осадка установленных панельных домов составила от 9 до 16 см [3].

Спустя более 35 лет наблюдение за этими домами продолжается. Последний раз мониторинг состояния и осадок этих пяти домов проводился в начале октября 2024 г., но только трое из пятерых владельцев согласились пообщаться с нами. Они подтвердили, что сваи не забивались, а вода, как они сказали, «заливалась на блоки». Стоит повториться, что в действительности вода заливалась в подвалы [3].

В наблюдаемых домах (Садовая ул., 5, 7, 9/1) видимых деформаций и просадок не выявлено. Трещины в фундаменте и межквартирных панелях отсутствуют. Дома стоят надёжно.



Рис. 1. 2-кв. дом, построенный по методу организованного замачивания грунта



Рис. 2. План местности в районе исследуемых домов

Список источников

1. Статические и динамические испытания грунтов по всей Сибири и Дальнему Востоку. URL: sibgeo.pro/uslugi/staticheskie-ispytaniya/ispytaniya-prosadochnykh-gruntov.

2. Мажиев Х. Н. Применение метода организованного увлажнения лёссовых оснований после возведения коробки здания на просадочных грунтах в Грозном / Х. Н. Мажиев, В. А. Пшеничкина, В. В. Габова и др.

3. Халимов О. З. Геотехническое сопровождение на этапах жизненного цикла зданий и сооружений. 2020. С. 113–117.

4. Яркин В. В. Развитие методов расчёта зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях: дисс. д-ра техн. наук. Макеевка, 2021.

ОЦЕНКА УПЛОТНЯЕМОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ

А. Ю. Рычкова, магистрант;

Н. А. Артемьева, канд. техн. наук, доцент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Цель работы – проведение ряда экспериментов по определению оптимального зернового состава асфальтобетонной смеси и факторов, влияющих на температуру уплотнения и показатели уплотняемости, методом математического планирования эксперимента и проведения испытаний согласно требованиям ГОСТа. Результаты показали, что оптимальным режимом уплотнения является 145 °С со средним содержанием битума относительно подобранного состава.

Ключевые слова: асфальтобетон, уплотнение, температура, воздушные пустоты, прочность

Уплотнение асфальтобетона (далее – АБ) зависит от числа ударов уплотнителя Маршалла и температуры смеси. Эти параметры должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 58406.9-2019, чтобы обеспечить качество и долговечность АБ-покрытия [1].

Состав АБ-смеси представлен в табл. 1. Матрица планирования эксперимента по определению оптимального зернового состава АБ-смеси и факторов, влияющих на температуру уплотнения и показатели уплотняемости, – в табл. 2.

Таблица 1

Состав АБ-смеси

№	Материал по фракциям	Состав, % (битум сверх 100 %)	Состав, % (битум в 100 %)	Дозировка материала на замес, 1 000 кг
1	Фр. 8–16	31,8	30,5	305
2	Фр. 4–8	22,3	21,4	214
3	Фр. 0–4	43,9	42,1	421
4	Минеральный порошок «ИП Рязанцев»	2,0	1,9	19
5	Битум БНД 100/130	4,0	3,8	38
Итого		104,25	100,0	1 000

В качестве независимых переменных эксперимента выбраны следующие факторы:

– X_1 – температура уплотнения АБ-смеси ($^{\circ}\text{C}$) в диапазоне от 135 до 155, интервал варьирования – 10°C ;

– X_2 – содержание вяжущего в смеси (масс. % сверх 100 % минеральной части) в диапазоне от 4,4 до 4,8, интервал варьирования – $0,2\%$;

– X_3 – количество ударов, приходящееся на сторону образца, в диапазоне от 65 до 75, интервал варьирования – 5% .

Функция отклика включает содержание воздушных пустот Y_1 и объёмную плотность АБ Y_2 .

Число опытов зависит от числа факторов k и равно 2^k . В нашем эксперименте принимаем число опытов, равное $2^3 = 8$.

Таблица 2

Результаты эксперимента по матрице планирования

№	Кодированный вид			Натуральное выражение			Фактические значения	
	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2
1	+1	+1	+1	155	4,8	75	3,41	2,492
2	+1	+1	-1	155	4,8	65	3,57	2,488
3	+1	-1	+1	155	4,4	75	3,64	2,461
4	+1	-1	-1	155	4,4	65	3,72	2,459
5	-1	+1	+1	135	4,8	75	3,57	2,488
6	-1	+1	-1	135	4,8	65	3,72	2,484
7	-1	-1	+1	135	4,4	75	3,64	2,461
8	-1	-1	-1	135	4,4	65	3,68	2,460
9	+1	0	0	155	4,6	70	3,13	2,480
10	-1	0	0	135	4,6	70	3,83	2,462
11	0	+1	0	145	4,8	70	3,49	2,490
12	0	-1	0	145	4,4	70	3,41	2,463
13	0	0	+1	145	4,6	75	3,57	2,470
14	0	0	-1	145	4,6	65	3,64	2,468

Для расчёта выходных параметров и анализа воздействия каждого фактора на функцию отклика были проведены эксперименты по определению свойств АБ. На основе полученных данных составлены уравнения регрессии (1) и (2):

$$Y_1 = 6,438 - 0,0097X_1 - 0,165X_2 - 0,01X_3; \quad (1)$$

$$Y_2 = 2,104 + 2,5X_1 + 0,0694X_2 - 2,6X_3. \quad (2)$$

Наибольшее уплотнение АБ-смеси достигается при температуре 155 °С с содержанием битума 4,6 % сверх 100 % минеральной части при количестве ударов, равном 70. Однако на данном составе АБ-смеси, как показывают уравнения регрессии, данные факторы эксперимента влияют на окончательный результат в незначительной степени в лабораторных условиях.

При количестве ударов, равном 75, при той же температуре, на идентичном гранулометрическом составе произошло разуплотнение из-за высокого содержания битума. Показателем разуплотнения является содержание воздушных пустот, которое выросло при увеличении нагрузки. При низких температурах битум становится более вязким, что затрудняет его распределение в смеси. При повышении температуры битум становится более жидким, что облегчает его распределение и улучшает сцепление с минеральными компонентами смеси. Примером тому является содержание пустот при 135 и 155 °С при одинаковом количестве ударов – 70. График уплотнения АБ-смеси представлен на рис. 1.

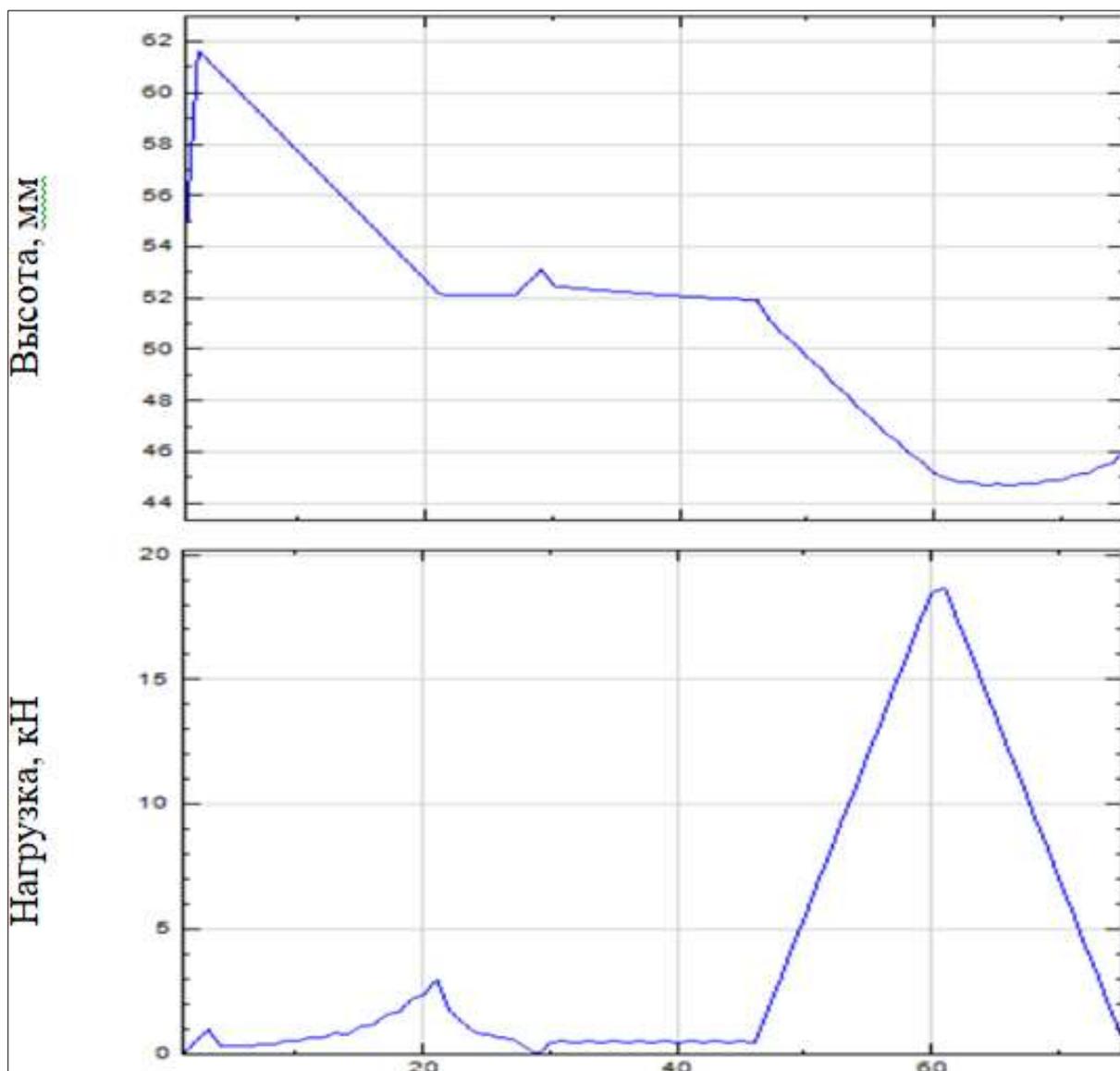


Рис. 1. График уплотнения смеси секторным уплотнителем

Таким образом, АБ после достижения полного уплотнения может начать разуплотняться из-за нарушения технологического цикла [2] или смещения материала, а также из-за высокого содержания битума.

Это может произойти при укладке дорог с низкой интенсивностью эксплуатации, когда используются смеси с меньшим содержанием камней и большим количеством песка и битума. Также разуплотнение возможно при использовании тяжёлой техники или нарушении правил контроля и времени застывания смеси [3].

Повышенная температура уплотнения АБ негативно влияет на следующие аспекты:

- снижается прочность и долговечность дорожного покрытия;
- увеличивается вероятность пластических деформаций и образования колеи;
- возрастает риск разрушения дорожного покрытия из-за температурных перепадов;
- снижается сцепление слоёв АБ (что вызывает деформации), а также устойчивость к воздействию воды и агрессивных сред.

Список источников

1. Косенко Н. В. Обоснование расчётных характеристик асфальтобетонных по ГОСТ Р 58 406.2-2020 при проектировании дорожных одежд / Н. В. Косенко, М. Г. Горячев // Наука и техника в дорожной отрасли. 2022. № 2. С. 24–27.

2. Куприянов Р. В. Определение температуры асфальтобетонной смеси при строительстве дорожных покрытий нежесткого типа / Р. В. Куприянов, В. А. Лузгачев, А. Ф. Зубков // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. 2015. № 3 (39). С. 68–77.

3. Инояттов К. М. Повышение качества и долговечности автомобильных дорог при помощи оптимизации технологических процессов уплотнения асфальтобетонных покрытий. Оптимизация параметров измерительного устройства удельной поверхности сорбентов и катализаторов / К. М. Инояттов, Ж. З. Холмирзаев, Р. К. Абдуллаев // Science Time. 2016. № 5 (29). С. 259–264.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ ГРУНТОВ СВАЯМИ В СЕЛЕ ИДРИНСКОМ

С. А. Савин, студент
Хакасский технический институт –
филиал Сибирского федерального университета, Абакан, Россия
ООО «Экспертиза недвижимости», Абакан, Россия

Аннотация. Проведение статических испытаний грунтов сваями является обязательным при возведении свайного фундамента и даёт достоверную информацию о несущей способности сваи по грунту, но такие испытания трудоёмки и затратны. Сложностью в таких испытаниях является создание достаточного пригруза для передачи на сваю нагрузки, заданной нормативными документами и проектом. На этапе строительства объекта были проведены статические испытания призматических забивных свай-стоек статической вдавливающей нагрузкой для подтверждения несущей способности свай по грунту, заданной проектом в 84 т. По результатам проведённых трёх испытаний были получены графики зависимости осадок свай от передаваемой на них нагрузки, а также графики разгрузки, отображающие остаточную деформацию грунта, которая оценивает потенциальный запас несущей способности сваи по грунту. Испытания показали большую несущую способность при малых остаточных деформациях.

Ключевые слова: полевые испытания, свая, несущая способность, осадка сваи, остаточная деформация, грунты основания

Введение. При проектировании свайных фундаментов необходимым является проведение полевых испытаний на стадии изысканий либо на стадии строительства, что позволяет проверить заявленную несущую способность сваи по грунту и своевременно с полученными данными провести необходимые корректировки в проектной документации. Не допускается возведение свайного поля без проведения статических испытаний в соответствии с ГОСТ 5 686-2020 [1] и СП 24.13330.2021 [2].

Испытания грунтов сваями статической вдавливающей нагрузкой дают представление о соответствии фактической несущей способности сваи по грунту несущей способности, посчитанной по нормативным характеристикам. Нагрузка на сваю при таком испытании должна превышать в 1,5 раза несущую способность, определённую расчётом. О наличии и соответствии либо отсутствию несущей способности говорит линейная зависимость осадки от нагрузки, отображённая на графиках на протяжении всего испытания.

Для железобетонных забивных свай проводятся как динамические, так и статические испытания, однако динамические испытания, а также статическое зондирование грунтов не дают такой достоверной информации, как статические испытания, и дают значительные расхождения (в 2–4 раза) [3] с данными статических испытаний. В свою очередь, статические испытания являются дорогими и трудозатратными.

В итоге из-за недостоверных данных и занижения несущей способности происходит завышение количества свай, их длины, а это приводит к их недопогружению, задержкам сроков свайных работ и, как следствие, удорожанию строительства [3].

На примере строящегося объекта в с. Идринском были проведены испытания грунтов забивными сваями, а также анализ графиков зависимости осадок свай от нагрузки и графиков разгрузки свай, отображающих остаточную деформацию.

Обзор методов проведения статических испытаний грунтов сваями. Принципиальная схема проведения испытания грунтов сваями заключается в приложении нагрузки на сваю ступенями, определяемыми в зависимости от типа грунтов, служащих грунтом основания для нижнего конца сваи, и определении перемещения сваи от приложенной нагрузки. Перемещение сваи определяется по индикаторам часового типа либо прогибомерам.

Нагрузка создаётся домкратом, упирающимся в грузовую платформу с пригрузом либо упорную систему, созданную при помощи анкерных свай (рис. 1, 2). А. Г. Жуссупбековым была приведена такая система упора домкрата [4]. Нагружение домкратом через грузовую платформу с пригрузом было также применено Д. Ю. Сагалаковым [5].

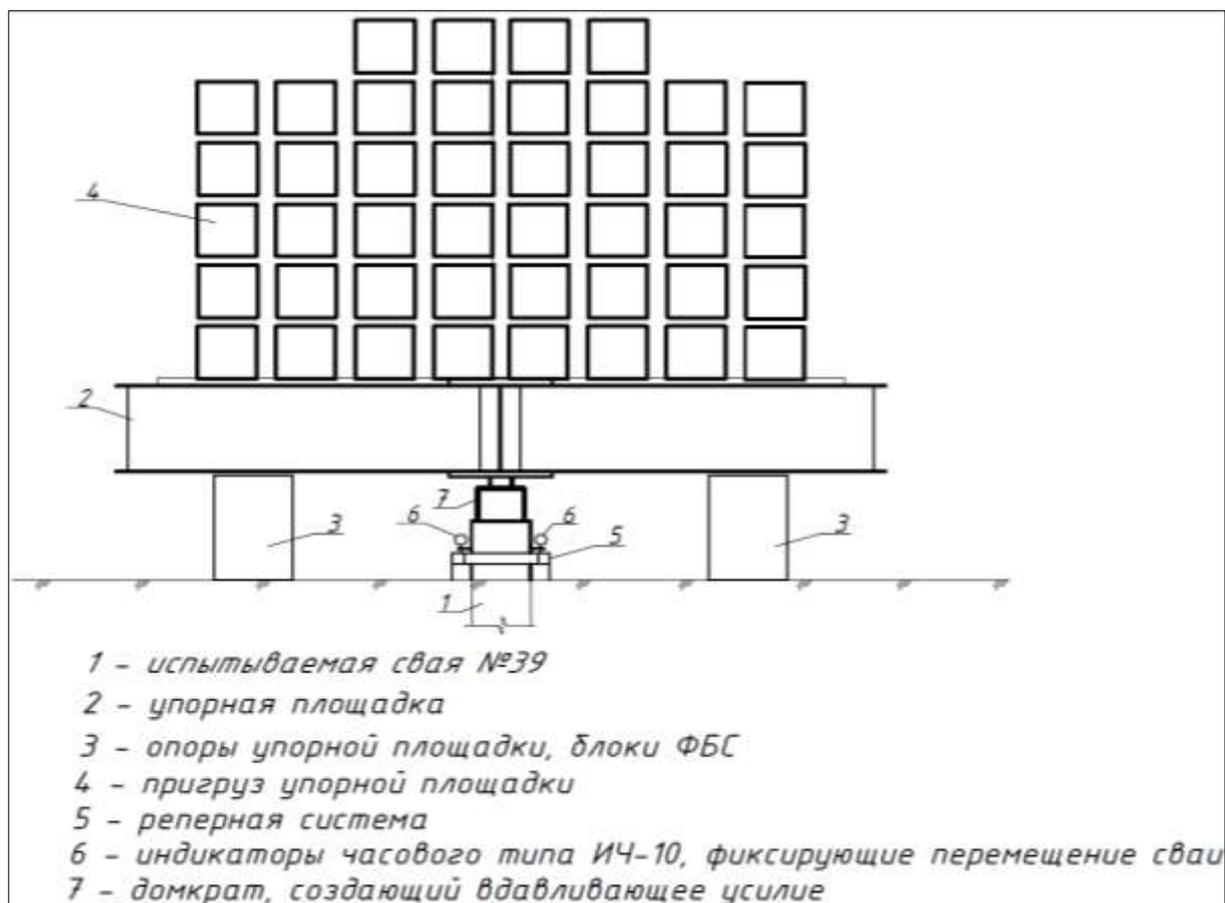


Рис. 1. Схема установки с грузовой платформой с пригрузом в качестве упора

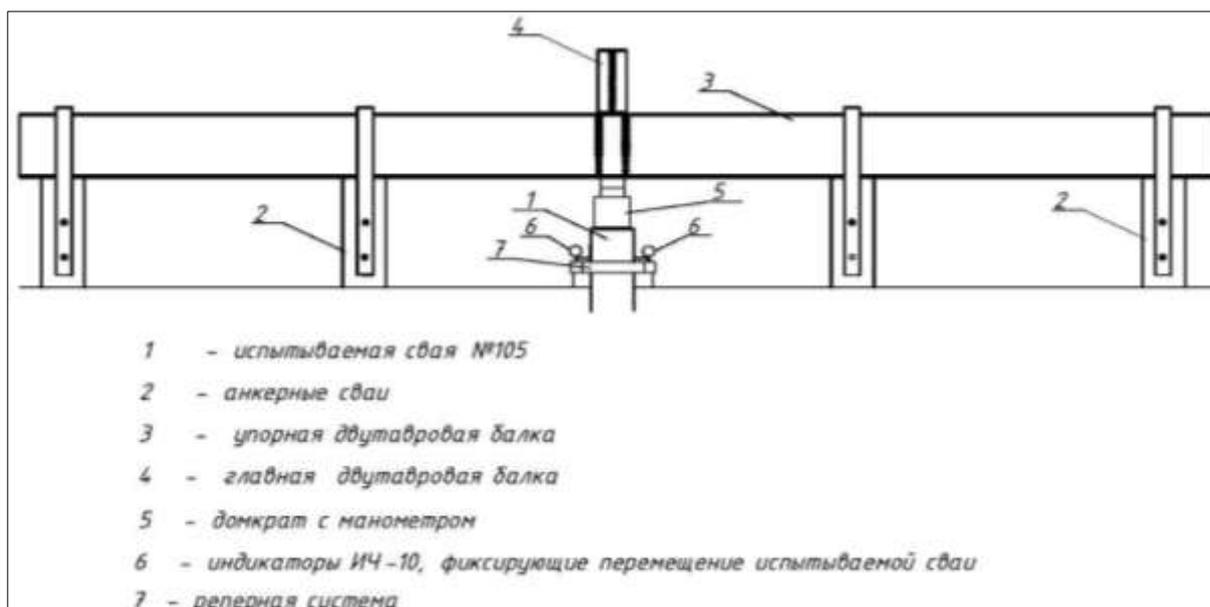


Рис. 2. Схема установки с анкерной системой в качестве упора

Проведение испытаний на площадке строительства в с. Идринском. Методика и особенности. К проведению статических испытаний свай приступали по достижении срока «отдыха свай» – 3 дней. Согласно техническому заданию необходимо провести три статических испытания грунтов забивными сваями. Согласно геологическим изысканиям, проведённым на площадке, грунтами основания для нижних концов свай являются галечниковые грунты с песчаным заполнителем с прослоями галечникового грунта с супесчаным заполнителем [6]. По характеру работы сваи работают как сваи-стойки.

До начала работ была разработана программа испытаний в соответствии с ГОСТ 5 686-2020 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями» [1]. В соответствии с техническим заданием несущая способность свай составляет 84 т – это значит, что максимальная нагрузка на сваю в полуторном значении составит 126 т.

Создание нагрузки производилось домкратом через грузовую платформу с пригрузом весом более 126 т. Отслеживание перемещения сваи осуществлялось по двум индикаторам часового типа ИЧ-10, закреплённым на свае и независимой реперной системе (рис. 3). Сложностью в создании установки для проведения испытания явилось наличие на площадке суглинка просадочного. Это привело к решению применить в качестве площадки основания для опор грузовой платформы дорожные армированные плиты размером 1,5×3,0 м и толщиной 200 мм, что дало большую площадь опирания и недопущение осадки установки, которая приводит к уменьшению зазора между домкратом и грузовой платформой (рис. 4).

После нагружения грузовой платформы пригрузом, достаточным и имеющим запас для достижения максимальной нагрузки, согласно программе испытания приступают к приложению первой ступени нагрузки. Запас веса пригруза необходим для предотвращения нарушения устойчивости установки.



Рис. 3. Реперная система с индикаторами часового типа ИЧ-10 и домкратом ДГ200П150



Рис. 4. Вид установки испытаний с использованием дорожных плит

Испытания были проведены по ГОСТ 5 686-2020 [1]. После полной разгрузки были построены графики и проведён анализ упругого перемещения сваи вверх и остаточной деформации.

Результаты и обсуждение. По результатам проведённых испытаний [7] были построены графики зависимости осадок сваи от нагрузок, а также графики разгрузки (рис. 5–7).

По результатам нагружения свай максимальной нагрузкой в 126 т были получены следующие значения осадок свай:

- свая № 39 – 7,42 мм;
- свая № 191 – 7,38 мм;
- свая № 333 – 8,44 мм.

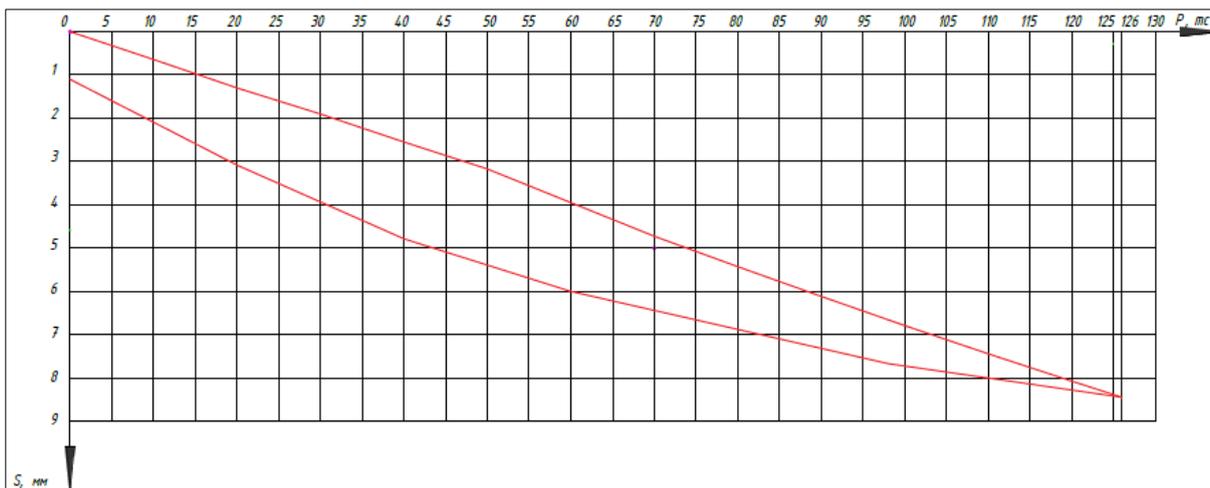


Рис. 5. График зависимости S свай от P свай № 333

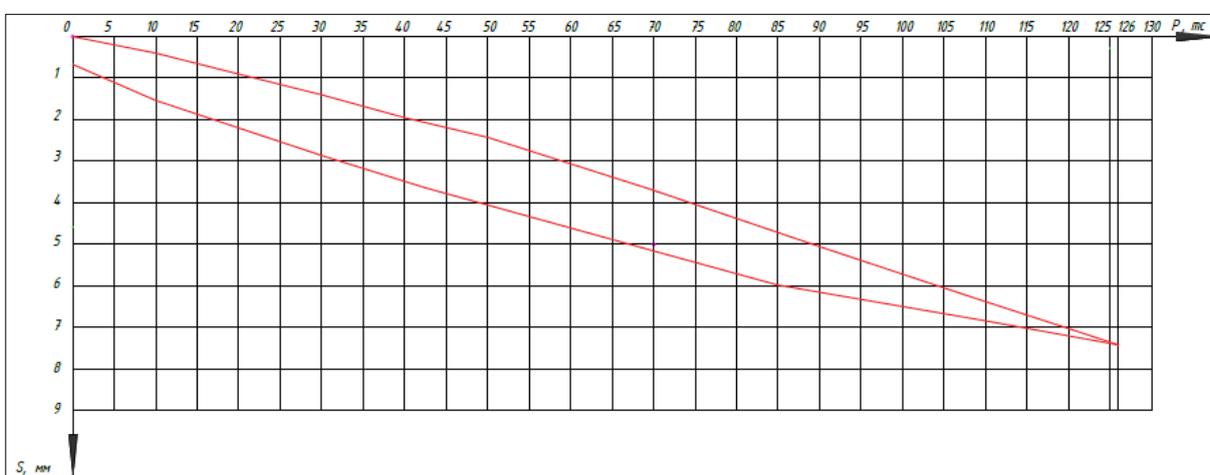


Рис. 6. График зависимости S свай от P свай № 39

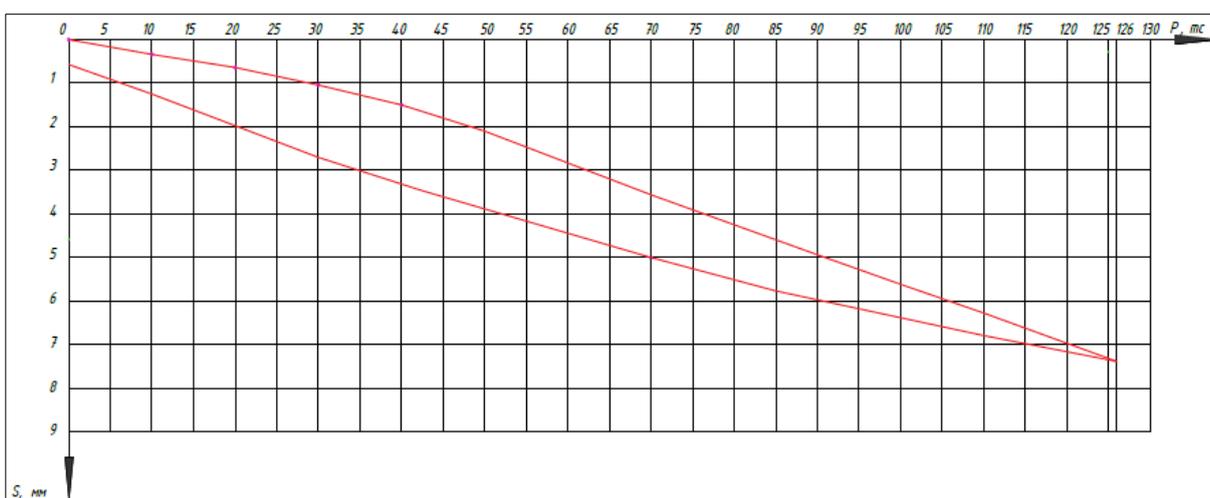


Рис. 7. График зависимости S свай от P свай № 191

Анализируя графики зависимости осадки свай от нагрузки, можно сказать, что линейная зависимость прослеживается на протяжении всего испытания до целевой нагрузки. Отсутствие искривления на графиках зависимости осадки от нагрузки показывает значительные возможности в несущей способности грунта.

Анализируя графики разгрузки, можно сказать, что грунты после полной разгрузки свай имеют довольно малые остаточные деформации: грунт сваи № 39 имеет остаточную деформацию 0,67 мм, что составляет 9,02 % от общей осадки грунта под нижним концом сваи; грунт сваи № 333 имеет остаточную деформацию 1,09 мм, что составляет 13 % от общей осадки грунта; грунт сваи № 191 имеет остаточную деформацию 0,57 мм, что составляет 7,7 % от общей осадки грунта.

Выводы. Результатом выполненной работы является полученная информация в виде графиков зависимости осадок свай от нагрузки и остаточных деформаций грунтов. Проведённые испытания позволяют сделать предположение о возможности использования графика разгрузки с получением остаточных деформаций для прогнозирования увеличения несущей способности без проведения испытаний до наступления предельного состояния. К тому же в условиях залегания под нижним концом сваи такого грунта, как галечниковый грунт с песчаным заполнителем, достичь предельного состояния грунтов затруднительно в связи с нехваткой достаточного усилия домкрата и соответствующей упорной системы. Однако, зачастую заказчику и не нужно знать максимальную несущую способность, а требуется только подтвердить расчётную несущую, что продиктовано обязательной нормативной документацией.

Список источников

1. ГОСТ 5 686-2020. Грунты. Методы полевых испытаний сваями. М.: Стандартинформ, 2020. 48 с.
2. СП 24.13330.2021. Свайные фундаменты. Актуал. ред. СНиП 2.02.03-85. М.: РСТ, 2022. 90 с.
3. Козаков Ю. Н. Особенности применения свай в Восточной Сибири / Ю. Н. Козаков, Н. Ф. Буланкин, Г. В. Шишканов и др. Красноярск: Стройиздат, 1992. 268 с.
4. Tulebekova A. Features of Static Pile Load Test / A. Tulebekova, A. Zhussupbekov, Y. Ashkey et al. // Вестник Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева. Сер.: Технические науки и технологии. 2021. No. 1 (134). Pp. 30–38. DOI: 10.32523/2616-7263-2021-134-1-30-38.
5. Сагалаков Д. Ю. Совершенствование метода проведения штамповых испытаний. Абакан, 2024.
6. Технический отчёт по результатам инженерно-геологических изысканий на объекте «Быстровозводимая крытая спортивная площадка в с. Идринском Идринского р-на», шифр 1643-23-ИГИ. Красноярск: Гражданпроект.
7. Технический отчёт по результатам проведения статических испытаний грунтов сваями по титулу «Быстровозводимая крытая спортивная площадка в с. Идринском Идринского р-на». Абакан: ИП Халимов О. З., 2024.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДУШНО-МАССОВОГО ПОТОКА ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СНЕГОПЕРЕДУВАЮЩЕГО ОГРАЖДЕНИЯ

Д. Н. Санников, аспирант;

В. В. Серватинский, канд. техн. наук, доцент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Обозначен вопрос применения метода снегопередувания и возможности установки снегопередувающих ограждений на автомобильных дорогах для защиты от снежных заносов. Обсуждается проблема снегозаносимости ввиду расположения многих автомобильных дорог в удалённых, труднодоступных районах и сложных климатических условиях. Рассмотрены вопросы, связанные с анализом и оценкой скорости и состава воздушного потока, влияющие на работу ограждения. Выполнено обоснование технических характеристик снегопередувающих ограждений. Изучены возможности по внедрению снегопередувающих ограждений и их модернизации в реальных условиях.

Ключевые слова: *снегоперенос, снегозаносимость, снегопередувающие ограждения, сдувание снега, снежные заносы, снежные отложения, снегопередувание*

Проблема снегозаносимости является острой из-за удалённости и труднодоступности автомобильных дорог, которые находятся в сложных погодных условиях. Воздушно-массовый поток рассматривается как процесс перемещения снежных частиц с определённой скоростью. В статье освещаются вопросы, связанные с анализом и оценкой скорости и структуры воздушного потока. Процесс выдувания снега моделируется на ограждениях для выдувания снега [1; 3].

Определение оптимальных технических параметров снегопередувающего ограждения за счёт моделирования параметров снежной метели. В ходе исследования поставлена задача определить размеры нижнего передувающего зазора, способствующего ускорению воздушного потока между ограждением и автомобильной дорогой, размеры снегопередувающей панели, угол наклона ограждения относительно автомобильной дороги, размеры отверстий в снегопередувающей панели, размеры верхнего снегопередувающего отрезка [2].

Расчёт был выполнен в двухмерной постановке. Для оценки использовалась *k-RNG*-модель турбулентности. Расчёт и моделирование воздушного потока выполнялись в программе *Ansys Fluent* в нестационарной постановке. В прямоугольной расчётной области моделировалось обтекание снегопередувающего ограждения (рис. 1) двухфазным потоком со следующими характеристиками:

- скорость воздушного потока – 7 м/с;
- материал первичной фазы – воздух плотностью 1,220 кг/м³;
- второй материал – лёд (изначальная плотность – 150 кг/м³, в ходе эксперимента менялась в зависимости от снегонакопления);
- динамическая вязкость – $1,72 \times 10^{-5}$ кг/м×с;
- насыпная плотность вторичной фазы – 150 кг/м³;
- средний диаметр частиц – 50 мкм;
- дополнительные условия: давление – 101 325 Па, температура окружающей среды (–20) °С.

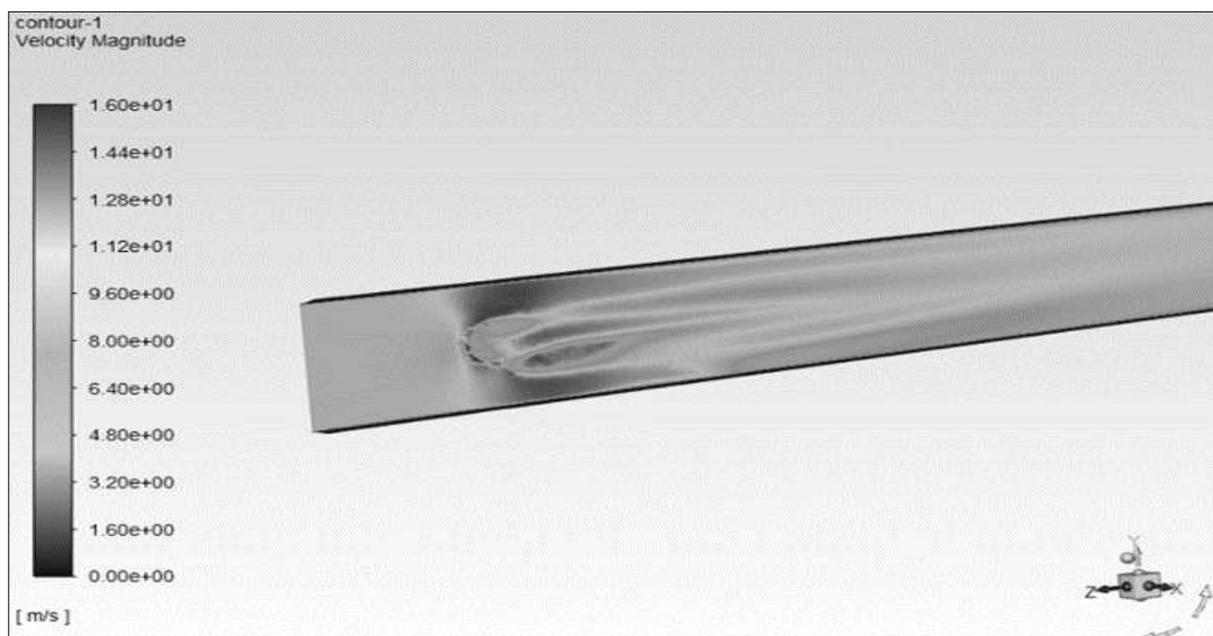


Рис. 1. Моделирование воздушно-массового потока

В ходе моделирования с изначальным воздушным потоком, равным 7 м/с, менялись параметры снегопередающего ограждения. Выбирался параметр, определяющий максимальную длину зоны выдувания (табл. 1).

Таблица 1

Смоделированные технические характеристики
снегопередающего ограждения

Доля Δh нижнего зазора	Размер снегопередающей конструкции (м)	Угол наклона	Прозветность	Доля Δh верхнего зазора	Длина выдувания (м/с)
35	2	84	0,14	5,5	5
29	3	86	0,15	6,2	5,7
26	4	88	0,18	9	7,1
20	5	90	0,22	14	8,8
17	6	92	0,2	12	8,2
12	7	94	0,19	7	6,2

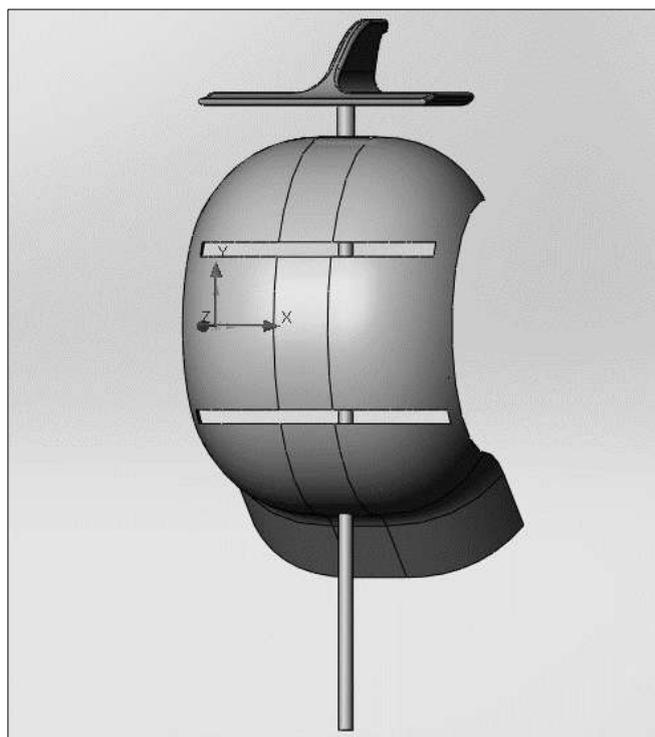


Рис. 2. Разработанная снегопередающая конструкция

Выводы. В работе рассмотрен процесс моделирования снегопередающего ограждения для борьбы со снежными отложениями на дорожном полотне. Выполнен анализ работы снегопередающего ограждения с разными техническими характеристиками и получена наиболее приоритетная форма конструкции (рис. 2). Выявлены наилучшие характеристики, определяющие максимальную длину зоны выдувания снежных масс за пределы дорожного полотна.

Список источников

1. Бялобжеский Г. В. Зимнее содержание автомобильных дорог / Г. В. Бялобжеский, А. К. Дюнин, Л. Н. Плакса и др. 2-е изд. М.: Транспорт, 1983. 197 с.
2. Белостоцкий А. М. Comparison of Determination of Snow Loads for Roofs in Building Codes of Various Countries / А. М. Белостоцкий, Н. А. Бритиков, О. С. Горячевский // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2021. Vol. 17. No. 3. Pp. 39–47.
3. Санников Д. Н. Применение методов моделирования для процессов снегопередавания на автомобильных дорогах / Д. Н. Санников, В. В. Серватинский // Актуальные вопросы строительства: взгляд в будущее: матер. 2-й всеросс. НПК. 2023. С. 90–96.
4. Ma W. Field Measurement and Numerical Simulation of Snow Deposition on an Embankment in Snowdrift / W. Ma, F. Li, Y. Sun et al. // Wind and Structures. 2021. Vol. 32. No. 5. Pp. 453–469.
5. Building Research Department, Local Independent Administrative Agency Hokkaido Research Organization. Verification and Improvement of Snow Control Performance of Windbreak Fence // Research Report 2018.

О МЕТОДАХ ИЗМЕРЕНИЯ РОВНОСТИ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

М. Н. Сорокина, аспирант;

В. В. Серватинский, канд. техн. наук, доцент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В статье представлен анализ существующих методик оценки продольной ровности и кратко описан новый метод определения ровности по покрытию автомобильной дороги на основе 3D-моделирования поверхности.

Ключевые слова: продольная ровность, состояние покрытия, метод оценки ровности, индекс IRI, площадная ровность

Ровность дорожного покрытия является одним из основных показателей, характеризующих удобство движения и оказывающих влияние на скорость движения автомобилей, безопасность и транспортную работу дороги в целом. Поддержание ровности дорожного покрытия позволяет существенно снизить расходы на ремонт автомобилей и дорожной одежды.

Параметр, на основании которого возможно выполнение экспресс-диагностики, – это продольная ровность.

Состояние ровности покрытия автомобильной дороги зависит от многих факторов: прочности слоёв дорожной одежды, увлажнения грунтов и несвязных слоёв основания, разуплотнения слоёв покрытия из минеральных материалов, процессов замораживания и оттаивания, высоких положительных температур, изменения вязкости битумных добавок, а также срока службы дорожной конструкции и прироста интенсивности движения автомобилей. Все эти факторы формируют изменения ровности с различной периодичностью и интенсивностью.

Согласно ГОСТ Р 56925-2016 [1] используют следующие методы измерения ровности покрытия:

– измерение с помощью 3-метровой рейки и клин-промерника – подходит в основном для инспекционного контроля, позволяет детально и с высокой точностью оценить качество ровности дорожного покрытия;

– измерение с помощью нивелира (тахеометра) методом амплитуд – подходит в основном для текущего контроля за качеством строительства;

– измерение с применением автомобильной установки ПКРС (состоит из автомобиля, прицепного одноколёсного прибора, оборудованного датчиком ровности, и установленного в автомобиле пульта управления);

– измерение с помощью дорожного профилометра или толчкомера – обладает меньшей точностью измерения, но позволяет провести проверку по всей длине контролируемой дороги, в связи с чем его применяют при сдаче протяжённых объектов в эксплуатацию.

В мировой практике контроля ровности автомобильных дорог за последние 10–15 лет достаточно широкое распространение получил международный показатель (индекс) ровности *IRI* (*International Roughness Index*). И на данный момент показания всех ранее перечисленных методов сравниваются с международным индексом ровности (*IRI*). Международный индекс используется профессионалами в области автомобильных дорог по всему миру в качестве стандарта для количественной оценки ровности дорожного покрытия. Непрерывный профиль вдоль дороги измеряется и анализируется для обобщения изменений поверхности дорожного покрытия, которые влияют на работу подвески транспортного средства.

Но у данного метода определения ровности дорожного покрытия автомобильной дороги с помощью индекса *International Roughness Index (IRI)* есть существенные недостатки [2].

1. Измерения проводятся по треку (по линии) прохода дорожной лаборатории, если, при повторном измерении, провести трек по другой линии – получатся разные количественные величины дефектов.

2. Метод оценки ровности дорожного покрытия индексом *IRI* работает в границах небольших изменений ровности по вертикали, следовательно, он наиболее эффективен для капитальных типов покрытий. Данный метод адекватно оценивает состояние капитальных типов, но недостаточно корректно описывает состояние переходных и низших типов покрытий автомобильных дорог. Для автомобильных дорог с грунтовым покрытием единый показатель оценки технического состояния по ровности отсутствует.

3. Единица измерения (м/км), которая используется при методе оценки ровности дорожного покрытия индексом *IRI*, подразумевает, что минимальная протяжённость участка, которую мы должны оценивать, ≥ 1 км. Что делать в том случае, если протяжённость участка, на котором необходимо определить ровность, является меньше 1 км, – методически данное положение не определено.

4. Метод оценки ровности дорожного покрытия *IRI* является представлением количественной оценки микропрофиля и не дает полную информацию о нарушении эксплуатационного состояния.

Вышеуказанные недостатки метода оценки ровности дорожного покрытия автомобильной дороги индексом *IRI* – не позволяют получить полную картину и достоверную, точную информацию о состоянии поверхности по всей площади покрытия.

В этой связи формируется потребность решения актуальной задачи выбора (разработки) такого показателя, который мог бы оценивать ровность автомобильных дорог с различными типами покрытия.

Таким показателем, по нашему мнению, может стать параметр, оценивающий всю площадь покрытия на основе *3D*-моделирования поверхности. Сложившаяся потребность диктует необходимость разработки методики определения технического состояния автомобильных дорог всех категорий, с различными типами покрытий.

Для более корректной оценки ровности покрытия планируется ввести новое понятие – площадная ровность.

Существующий ГОСТ 33 101-2014 [3] нормирует действия при измерении микропрофиля тестового участка профилометром, шаг записи массива ординат по проезжей части должен быть 0,125 м (12,5 см). Это означает, что по длине грунтовой автомобильной дороги через каждые 12,5 см будет записываться фактическое положение поверхности автомобильной дороги. Формируются поперечные профили автомобильной дороги. Но все результаты измерений – сравниваются с существующей системой *IRI*.

Дорожная лаборатория, оснащенная оборудованием, для лазерного сканирования определяет ширину полосы – поперечного профиля автомобильной дороги, линию, повторяющую рельеф поперечного профиля. Компьютерным способом возможно задать формирование лазерным сканером данные поперечные профили через любое *n*-е расстояние. Данные поперечные профили, отмеченные с указанным шагом, располагаются довольно близко друг к другу, обеспечивая оценку поверхности – всей площади.

Задача проанализировать все изменения площади и дать количественную оценку неровностей, разработать методику для оценки состояния покрытия по площадной ровности для всех типов покрытий автомобильных дорог.

Новая методика для проведения оценки технического состояния автомобильных дорог с малой интенсивностью движения, основанной на площадной ровности, поможет:

- оптимизировать работы по содержанию и ремонту;
- облегчить диагностику грунтовых автомобильных дорог: улучшенная методика оценки ровности для автомобильных дорог с малой интенсивностью движения может быть более точной в определении технического состояния автомобильных дорог, это поможет быстрее и точнее выявлять дефекты и проблемные участки на дорогах, планировать будущие работы;
- снизит расходы на обслуживание: новый метод оценки ровности поможет оптимизировать расходы на обслуживание и содержание путём определения более точных и необходимых мер по совершенствованию состояния дорожного покрытия автомобильной дороги;
- повысит комфорт и безопасность передвижения на автомобильных дорогах низкого типа: постоянная и регулярная оценка технического состояния поможет повышению безопасности дорожного движения, ведь дефекты и разрушения дорог будут выявляться в зародыше и устраняться в установленном порядке.

Итак, предложенная методика оценки площадной ровности может обеспечить более точную оценку величины ровности покрытий различного типа, что в конечном итоге позволит более качественно планировать дорожные работы и планировать бюджет, особенно в условиях стеснённого финансирования.

Список источников

1. ГОСТ Р 56 925-2016. Дороги автомобильные и аэродромы. Методы измерения неровностей оснований и покрытий. М.: Стандартиформ, 2016. 16 с.

2. Михайлова Е. Ю. Оценка технического состояния автомобильных дорог с малой интенсивностью на основе 3D-моделирования: дисс. магистра. Якутск: СВФУ им. М. К. Аммосова, 2024. 77 с.

3. ГОСТ 33 101-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Покрытия дорожные. Методы измерения ровности. М.: Стандартиформ, 2014. 19 с.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА НАДЁЖНОСТЬ БОЛТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛЬНЫХ МОСТОВ

Д. Р. Степаненко, магистрант;

Л. Ю. Фомина, канд. пед. наук, доцент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В данной статье рассматриваются различные аспекты износа металлических мостовых конструкций, уделяя особое внимание коррозионному и усталостному износу, их влиянию на долговечность и методы предотвращения.

Ключевые слова: *коррозионный износ, усталостный износ, деградация, физический износ, методы предотвращения деградации, болтовые соединения*

В рамках работы по расчёту соединений с большим количеством болтов без контролируемого натяжения необходимо учитывать коэффициенты условий работы болтовых соединений. Для этого используется следующая формула [1]:

$$\gamma_b = \gamma_{b_1} \times \gamma_{b_2},$$

где γ_{b_1} – коэффициент условий работы на срез и смятие болтового соединения, зависящий от класса точности болта. Для болтов класса точности А $\gamma_{b_1} = 1$; для болтов классов точности В и С $\gamma_{b_1} = 0,9$.

При расчёте на смятие соединяемых элементов конструкций из стали с пределом текучести до 380 МПа и при соблюдении условий: расстояние a (вдоль усилия от края элемента до центра ближайшего отверстия) не менее $2d$; расстояние b (между центрами отверстий) не менее $2,5d$ (где D – диаметр отверстия), коэффициент $\gamma_{b_2} = 1$. Но если $a = 1,5d$ в одноболтовом соединении и в многоболтовом соединении $a = 1,5d$ и $b = 2d$ соответственно, то $\gamma_{b_2} = 0,85$. Если $1,5d \leq a \leq 2d$ и $2d \leq a \leq 2,5d$, то γ_{b_2} определяется с помощью интерполяции. Если значения a и b одновременно уменьшаются, то используется меньшее значение γ_{b_2} .

В условиях эксплуатации мостовых конструкций важную роль играет изучение процессов деградации металла. Эти процессы включают самопроизвольное снижение напряжения в металле, вызванное его релаксацией, особенно под значительной нагрузкой и при высокой температуре.

Наиболее опасными процессами, приводящими к деградации металла, являются [2] коррозионный износ конструкций и её усталостный износ.

Оба этих процесса протекают со временем, и чем больше нагрузка на конструкцию, тем быстрее происходит износ. Коррозионный и усталостный износ снижают грузоподъёмность и долговечность конструкции.

Для эффективной борьбы с этими процессами необходимо:

- изучать природу деградации;
- определять факторы, усиливающие процессы;
- моделировать влияние на свойства конструкции, такие как грузоподъёмность и долговечность.

Для эффективного управления процессами деградации в мостовых конструкциях необходимо разрабатывать эффективные методы предотвращения деградации и продления срока службы мостовых конструкций:

- регулярное техническое обслуживание и инспекции (проведение регулярных осмотров для выявления признаков коррозии и усталости, своевременный ремонт и замена повреждённых элементов;

- применение защитных покрытий (нанесение антикоррозийных покрытий для защиты металла от воздействия окружающей среды, использование покрытий, устойчивых к механическим повреждениям и ультрафиолетовому излучению);

- использование высокопрочных материалов;

- контроль и управление нагрузками;

- установка систем мониторинга для контроля за состоянием конструкции в режиме реального времени;

- использование инновационных технологий диагностики и прогнозирования состояния конструкции;

- внедрение методов диагностики и прогнозирования состояния конструкций;

- применение технологий, таких как лазерное сканирование и 3D-печать, для ремонта и усиления мостовых конструкций.

Важным критерием наступления деградации металла является соответствие текущих характеристик элемента нормативным требованиям и стандартам безопасности.

Комплексный подход к оценке физического износа мостовых конструкций включает анализ экономической целесообразности ремонта, снижение эксплуатационных характеристик, соответствие нормативным требованиям, мониторинг состояния конструкций и учет климатических условий.

Коррозионный износ металлических пролётных строений.

Для повышения долговечности и надёжности металлических пролётных конструкций рассматривается возможность уменьшения поперечных сечений элементов и их геометрических характеристик, таких как площадь, моменты инерции и моменты сопротивления. Это позволит снизить коррозионное воздействие на конструкции и улучшить их способность воспринимать нагрузки.

Важно подчеркнуть, что в процессе эксплуатации агрессивная среда оказывает постоянное воздействие на мостовые сооружения. Каждое из техногенных и атмосферных воздействий оценивается соответствующими коэффициентами условий работы. Для оценки коррозионной стойкости металлических конструкций используются различные методы и технологии. Одним из наиболее распространенных является метод поляризации сопротивления, который позволяет определить скорость коррозии и эффективность защитных покрытий.

В зависимости от условий эксплуатации и типа металла, используются различные методы защиты от коррозии. Например, для защиты от атмосферной коррозии применяются лакокрасочные покрытия, а для защиты от коррозии в агрессивных средах – цинковые и алюминиевые покрытия.

Для повышения долговечности и надёжности металлических конструкций также используются композитные материалы.

Уменьшение размеров поперечных сечений элементов за счёт использования композитных материалов является перспективным направлением в области повышения долговечности и надёжности металлических пролетных конструкций. Эти меры позволяют снизить воздействие коррозии и улучшить способность конструкций выдерживать нагрузки, что особенно важно для обеспечения безопасности и надёжности мостовых сооружений.

Металлическая конструкция моста представляет собой сложную систему, аналогичную скелету живого организма. Её стальные балки функционируют подобно тонким нитям, поддерживающим общую массу моста. Однако, подобно костям человека, состоящим из микроскопических кристаллов, сталь моста обладает неоднородной структурой. Эти кристаллы, подобно маленьким кирпичикам, могут иметь различные формы и ориентации, что делает мост подверженным усталостным разрушениям.

Под воздействием постоянных нагрузок от движущегося транспорта, микроскопические кристаллы в стали начинают испытывать усталость. На границах кристаллов формируются микротрещины, аналогичные трещинам в стекле, которые со временем увеличиваются в размерах. В определённый момент эти микротрещины становятся видимыми невооружённым глазом, подобно мутным пятнам в прозрачной воде. В конечном итоге мост может внезапно разрушиться под воздействием нагрузок, подобно хрупкому сосуду, не выдержавшему давления.

Можно представить, что каждый проезжающий по мосту автомобиль оставляет свой след, аналогично тому, как каждый человек, проходящий мимо, оставляет отпечаток на песке. С течением времени эти следы накапливаются, что приводит к увеличению уязвимости моста к разрушениям. Таким образом, с каждым годом эксплуатации моста, под воздействием транспортных нагрузок, его конструкция становится всё более подверженной усталостным повреждениям.

Для оценки усталостной долговечности конструкций используются различные методы и модели. Одной из наиболее распространённых является теория накопления повреждений, основанная на гипотезе, что усталостное разрушение происходит, когда уровень накопленных повреждений достигает критического значения. В этой теории усталостная долговечность определяется как количество циклов нагружения до достижения критического уровня повреждений.

Для прогнозирования усталостной долговечности необходимо учитывать множество факторов, таких как свойства материала, геометрия конструкции, условия эксплуатации и характер нагружения. Современные методы анализа усталости включают численное моделирование с использованием методов конечных элементов и экспериментальные исследования с использованием усталостных испытаний.

Для повышения усталостной долговечности металлических конструкций мостов и арматуры железобетонных сооружений применяются различные методы и технологии. Одним из наиболее эффективных методов является использование высокопрочных сталей и сплавов, которые обладают повышенной устойчивостью к усталостному разрушению. Также применяются методы поверхностного упрочнения, такие как термообработка и нанесение покрытий, которые повышают усталостную прочность материала.

Кроме того, важным аспектом является оптимизация конструкции, которая включает выбор оптимальных форм и размеров элементов, а также распределение нагрузок. Современные методы проектирования и анализа позволяют учитывать усталостные свойства материалов и прогнозировать долговечность конструкций на ранних стадиях проектирования.

И также, необходимо учитывать влияние климатических условий, таких как температура, влажность, осадки и воздействие агрессивных химических веществ, на состояние мостовых конструкций.

Современные методы диагностики, такие как неразрушающий контроль, тепловизионное обследование и анализ химического состава материалов, позволяют своевременно выявлять дефекты и оценивать состояние мостовых конструкций. Это помогает принимать обоснованные решения о необходимости ремонта или замены элементов, что способствует повышению безопасности и долговечности мостов [5].

Таким образом, комплексный подход к оценке и управлению состоянием мостовых конструкций позволяет обеспечить их надёжность и долговечность, что является важным условием для устойчивого развития транспортной инфраструктуры.

Список источников

1. Шкурин Г. П. Сооружение мостов и труб: учебник. М.: Транспорт, 1982. 304 с.
2. Дроздов А. С. Диагностика мостов и труб: учеб. пособие. М.: Транспорт, 1980. 223 с.

3. Васильев А. И. Длительные деградационные процессы, влияющие на снижение грузоподъёмности и долговечности мостовых сооружений в период их эксплуатации / А. И. Васильев, Ш. Н. Валиев, В. С. Шмидт и др. // Вестник евразийской науки. 2022. Т. 14. № 2. URL: esj.today/PDF/55SAVN222.pdf.

4. Починков Р. А. Методические аспекты оценки остаточной прочности повреждённых корпусных конструкций / Р. А. Починков, Б. В. Сობоль // Вестник ДГТУ. 2010. Т. 10. № 5 (48). 8 с.

5. Иванов В. А. Проектирование и расчёт мостов и труб: учебник / В. А. Иванов, В. И. Попов, О. В. Филиппов. М.: АСВ, 2008. 432 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВЕСОГАБАРИТНОГО КОНТРОЛЯ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ ПО ЗАКАЗУ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПО КРАСНОЯРСКОМУ КРАЮ

Ю. Т. Таранюк, студент;

В. В. Серватинский, канд. техн. наук, доцент;

Е. Ю. Янаев, канд. техн. наук, доцент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены актуальные проблемы, которые возникают в связи с ежегодным увеличением объема грузоперевозок на территории Красноярского края, описаны действующие меры по устранению обозначенных проблем. Целями статьи является обоснование решения по увеличению количества пунктов автоматических систем весогабаритного контроля грузоперевозок на территории Красноярского края и оценка эффективности использования автоматических систем весогабаритного контроля на территории Красноярского края по заказу Краевого государственного казённого учреждения «Управление автомобильных дорог по Красноярскому краю».

Ключевые слова: *автомобильная дорога, безопасное движение, весогабаритный контроль, грузоперевозки, дорожное полотно, транспортное средство*

Ежегодно на территории Красноярского края наблюдается рост автомобильных грузоперевозок. Согласно данным Федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю, Респ. Хакасия и Респ. Тыва, объем грузоперевозок на территории Красноярского края в 2013 г. составил 3 447 млн т-км, в 2023 г. – 5 835 млн т-км. Таким образом, объем грузоперевозок в Красноярском крае за 10 лет увеличился на 2 388 млн т-км.

Основной причиной износа и повреждения дорожного полотна являются грузовые транспортные средства (далее – ТС), в особенности ТС, которые тяжело нагружены. Грузовые ТС, превышающие допустимые показатели нагрузки при транспортировке грузов негативно сказываются на состоянии автомобильных дорог и, как следствие, на безопасности дорожного движения.

Перевозка тяжеловесных грузов с нарушением допустимых норм может привести к износу и повреждению дорожного полотна, трещинам, просадкам, выбоинам, а также к возникновению аварийной ситуации на дороге, т. к. при перевозке тяжеловесных грузов увеличивается тормозной путь ТС [1].

Кроме того, превышение допустимых показателей грузоподъемности может привести к выходу из строя самого ТС и уменьшению сроков межремонтных работ, а также к увеличению трат на обслуживание ТС.

Максимальной грузоподъемностью называют максимальный вес груза, который может перевозить автомобиль без угрозы для дорожного полотна и самого ТС. Максимальная грузоподъемность определяется разницей между полной и снаряженной массой [2].

Максимально допустимая масса одиночного грузового ТС зависит от количества осей:

- с двумя осями – не более 18 т;
- с тремя осями – не более 25 т;
- с четырьмя осями – не более 32 т;
- с пятью и более осями – не более 38 т.

На территории РФ разработана и действует система штрафных санкций за превышение максимально допустимой массы грузоперевозок, которые налагаются на водителя или юридическое лицо, эксплуатирующее грузовое ТС.

В соответствии с актуальной редакцией Кодекса РФ «Об административных правонарушениях» установлены штрафные санкции в зависимости от процента превышения массы или нагрузки на ось транспортного средства (табл. 1) и в случае превышения габаритов (показательных размеров) ТС (табл. 2) [3].

Таблица 1

Размер штрафных санкций для грузоперевозок (для собственника ТС)

Превышение массы или нагрузки на ось (%)	Размер штрафа, если нет разрешения (тыс. руб.)	Размер штрафа, если есть разрешение (тыс. руб.)
10–20	250	200
20–50	350	300
50 и более	400	

Таблица 2

Штрафные санкции в случае превышения габаритов ТС

Превышение габаритов (см)	Размер штрафа, если нет разрешения (тыс. руб.)	Размер штрафа, если есть разрешение (тыс. руб.)
не более 10	1–1,5 (для водителей); 10–15 (для должностных лиц); 100–150 (для юридических лиц)	
10–20	250 (для собственника ТС)	200 (для собственника ТС)
20–50	350 (для собственника ТС)	300 (для собственника ТС)
50 и более	400 (для собственника ТС)	400 (для собственника ТС)

С помощью наложения штрафных санкций можно минимизировать ущерб, наносимый дорожной инфраструктуре, который согласно статистическим данным, составляет около 3 трлн руб., однако сумма взысканий посредством наложения штрафных санкций в 3 раза меньше.

Превышение допустимой максимальной грузоподъемности влечёт за собой негативные последствия как на состояние самого ТС, осуществляющего грузоперевозку, так и на качество автомобильных дорог.

С целью предотвращения износа, разрушения дорожного полотна и обеспечения безопасности участников дорожного движения, а также для снижения общей аварийности на автодорогах используются системы весогабаритного контроля грузоперевозок.

Соблюдение допустимой массы грузового автомобиля контролируется сотрудниками Ространснадзора или посредством пункта весогабаритного контроля. Весогабаритный контроль ТС на территории РФ осуществляется на стационарных или передвижных пунктах весового и габаритного контроля, а также на автоматических пунктах весогабаритного контроля ТС.

Этот процесс можно сравнить с работой регулировщика на дороге, который следит за тем, чтобы все участники дорожного движения соблюдали правила. Весогабаритный контроль – это своего рода весы, которые проверяют, не перегружен ли автомобиль.

Весогабаритный контроль является важным элементом обеспечения безопасности и порядка на дорогах. Благодаря ему мы можем быть уверены, что каждое грузовое ТС на дороге соответствует установленным стандартам и не представляет угрозы.

На территории РФ система весогабаритного контроля внедрена в рамках национального проекта «Безопасные качественные дороги».

Основными задачами проекта являются устранение перегруза на региональных дорогах; достижение нормативного состояния дорог; сокращение количества дорожно-транспортных происшествий; стимулирование Российской экономики и улучшение условий передвижения с помощью модернизации дорожных систем.

Целями проекта является сохранность дорожного полотна и безопасность движения, с помощью исключения выезда перегруженных ТС на автомагистрали.

Ключевой элемент системы – автоматический пункт весогабаритного контроля. Он позволяет измерять массу, осевые нагрузки, габариты и межосевые расстояния ТС на скорости до 140 км/ч без остановки [4].

Согласно плану национального проекта, до конца 2024 г. планируется организовать более 750 автоматических пунктов весогабаритного контроля грузоперевозок на территории РФ. Сеть из «весовых рамок» охватит большинство федеральных, региональных и межмуниципальных дорог.

На сегодняшний день в РФ действуют 386 автоматических пунктов весогабаритного контроля грузоперевозок, на территории Красноярского края 3 автоматических и 8 передвижных постов.

Сведения о количестве введенных автоматических пунктов весогабаритного контроля грузоперевозок являются показательными для национального проекта «Безопасные качественные дороги».

Автоматические пункты весогабаритного контроля впервые начали появляться на территории Красноярского края 5 лет назад.

Первый автоматический пункт весогабаритного контроля грузоперевозок в Красноярском крае был введен в эксплуатацию в сентябре 2019 г. на трассе «Красноярск – Енисейск» (42-й км трассы).

Согласно статистическим данным, в период 2019–2023 гг. аварийность на территории Красноярского края снизилась, количество дорожно-транспортных происшествий сокращено на 17 %.

Типовая комплектация системы автоматического весогабаритного контроля на одну полосу состоит из силоприемных модулей (8 шт.); датчиков обнаружения ТС; модуля позиционирования ТС и определения числа скатов; модуля измерения габаритных параметров ТС; система распознавания государственных регистрационных знаков; система фотофиксации ТС; защищённый шкаф для электронного оборудования системы; камера видеонаблюдения за местом установки комплекса.

Ежегодно на ремонт дорожных сетей в Красноярском крае тратится более 3,5 млрд руб.

Таким образом, с учётом ежегодных расходов на ремонт дорожных сетей в Красноярском крае стоимость системы автоматического весогабаритного контроля грузоперевозок окупится через 8 лет.

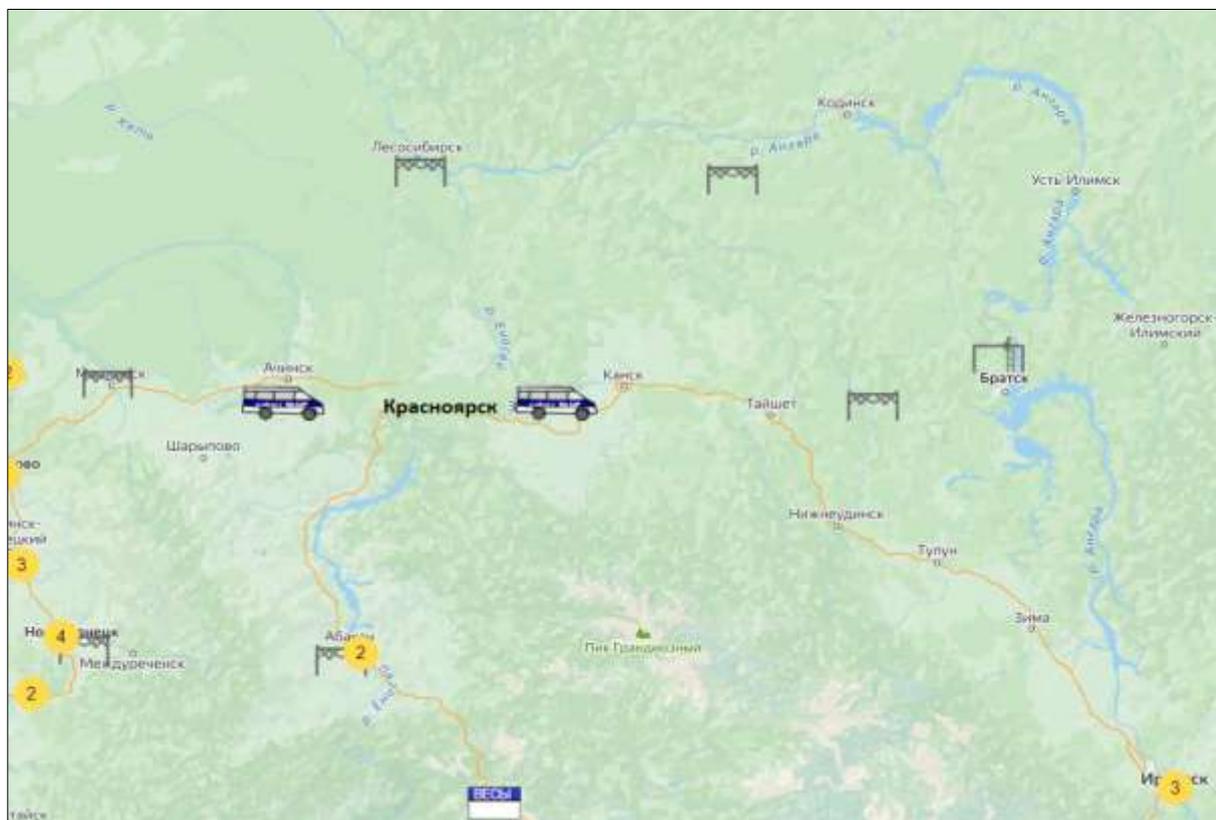


Рис. 1. Расположение весогабаритного контроля на территории Красноярского края

Кроме того, учитывая увеличение ежегодного объёма груза, транспортируемого на территории Красноярского края, автоматическая система весогабаритного контроля позволит уменьшить износ дорожного полотна, увеличить сроки межремонтных работ, что обеспечит экономию по затратам на ремонт автодорог, а также позволит обеспечить безопасное движение ТС.

На основании вышеизложенной информации можно сделать вывод, что внедрение автоматических систем весогабаритного контроля грузоперевозок (как на территории Красноярского края, так и на территории всей страны) позволяет решить несколько важных задач. В частности, это способствует улучшению состояния автомобильных дорог, повышению безопасности дорожного движения, уменьшению сроков межремонтных работ и, как следствие – снижению финансовых затрат на ремонт дорожной инфраструктуры [5].

Список источников

1. Агапов М. М. Организация перевозок тяжеловесных и крупногабаритных грузов на автомобильных дорогах общего пользования регионального и межмуниципального значения / М. М. Агапов, В. И. Хазова // Транспортное дело России. 2019. № 1. С. 122–124.

2. Гималов И. Р. Повышение безопасности перевозки грузов использованием систем весового контроля / И. Р. Гималов, Л. Я. Кожуховская // Техническое регулирование в транспортном строительстве. 2018. № 1 (27). С. 95–98.

3. Кодекс РФ об административных правонарушениях № 195-ФЗ от 30.12.2001 (ред. от 08.08.2024, с изм. от 07.10.2024).

4. Ершов А. М. Автоматические рамки весогабаритного контроля: проблемы использования в процессах грузоперевозки / А. М. Ершов, Н. О. Вербицкая, А. В. Петрова // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики. Екатеринбург: УГЛТУ, 2019. С. 340–343.

5. Речицкий В. И. Концепция внедрения автоматической системы весогабаритного контроля автотранспорта на дорожной сети РФ // Мир дорог. 2017. № 96. С. 62–67.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРАЕВОГО УГЛА СМАЧИВАНИЯ НА МОДЕЛЬНЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЯХ

А. Ю. Фоменко¹, студент;

А. С. Беляков¹, студент;

Д. Ю. Небрятенко^{1,2}, канд. хим. наук, доцент

¹Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

²Российский университет транспорта (МИИТ), Москва, Россия

Аннотация. В данной статье рассматривается метод определения краевого угла смачивания, который играет ключевую роль в оценке адгезионных свойств дорожно-строительных материалов. Смачивание влияет на процессы, связанные с обволакиванием, вяжущим щебенистых материалов, а следовательно, влияет на долговечность конструкций и их устойчивостью к атмосферным и динамическим воздействиям. В статье приводятся теоретические основы смачивания, методы измерения краевого угла, а также практические примеры применения полученных знаний для оценки качества дорожно-строительных материалов. Особое внимание уделяется влиянию различных факторов, включая свойства поверхности и состав материалов, на значение краевого угла смачивания. Результаты исследования подчёркивают необходимость учёта этой характеристики при проектировании составов асфальтобетонных смесей, что позволит улучшить эксплуатационные характеристики дорожных покрытий.

Ключевые слова: смачивание, краевой угол, измерение краевого угла, строительные материалы, жидкости, битумные вяжущие

Исследование поведения битумных вяжущих в асфальтобетонной смеси. В рамках данного исследования было проведено моделирование взаимодействия битумных вяжущих с компонентами асфальтобетонных смесей. В качестве основной подложки была выбрана стеклянная поверхность, что позволило более наглядно наблюдать за поверхностными процессами. Важным аспектом эксперимента стало использование поверхности, предварительно покрытой слоем битума, поскольку в условиях учебного заведения работа с горячими вяжущими является затруднительной. Это обстоятельство не помешало провести анализ характеристик смеси, однако следует учитывать, что результаты могут отличаться при использовании битума в горячем состоянии.

Для глубокого понимания свойств битумных, вяжущих мы также рассматривали поведение различных органических жидкостей на битумной поверхности. В данном исследовании были использованы четыре типа жидкостей: базовые масла, промышленные масла, растительные масла и водопроводная вода, которая использовалась в качестве контрольной жидкости для сравнительного анализа. В качестве метода для исследований был выбран метод лежащей капли, на рис. 1 и 2 представлены фотографии, сделанные во время проведения эксперимента.

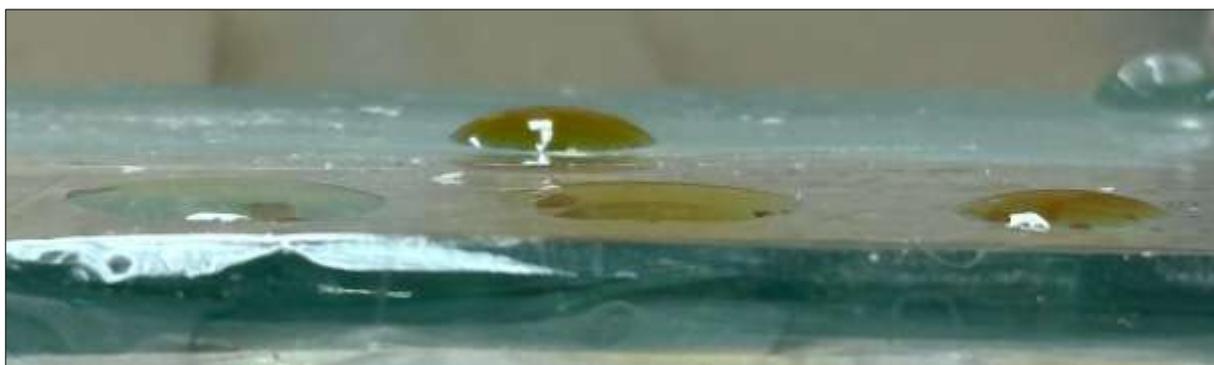


Рис. 1. Капли масел SN-650, И-20 и растительного масла (на переднем плане) и воды (прозрачная капля на заднем плане) на стеклянной подложке

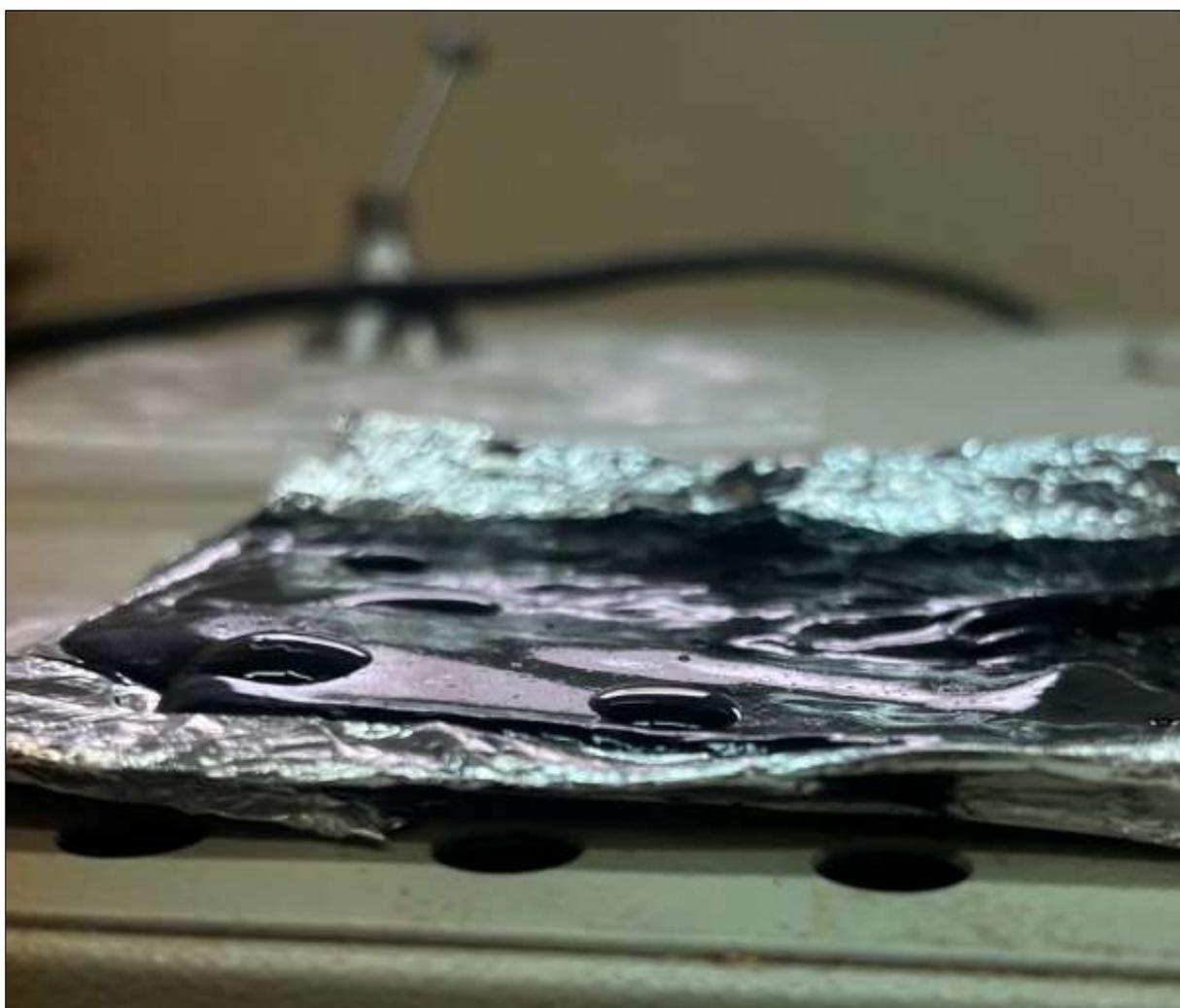


Рис. 2. Капли масел SN-650, И-20 и растительного масла (на переднем плане) и воды (прозрачная капля на заднем плане) на битумной подложке

В ранее проведённых исследованиях было продемонстрировано, что состав жидкости оказывает существенное влияние на угол смачивания, который варьируется от углов, характерных для сильно полярных веществ, до значений, присущих сильно неполярным жидкостям [1]. Рассмотрение этого явления открывает новые горизонты для понимания взаимодействия жидкостей с различными поверхностями.

Угол смачивания – это критический параметр, определяющий, как жидкость взаимодействует с твёрдой поверхностью. При изменении состава жидкости, например, введении различных добавок или изменении физико-химических характеристик, угол смачивания может меняться, что имеет далеко идущие последствия для применения таких жидкостей.

Результаты исследований указывают на возможность тонкой настройки угла смачивания путём изменения состава жидкостей, что открывает новые перспективы для разработки материалов с заданными свойствами. Например, в производстве эффективных смазочных материалов, водоотталкивающих покрытий и других функциональных материалов знание о том, как состав жидкости влияет на её смачиваемость, становится актуальным и востребованным.

Проведение испытаний. Для измерения краевых углов на поверхность охлажденного битума, стекла, парафина и ПЭ-скотча были нанесены небольшие капли каждой из жидкостей [2]. Далее были сделаны фотографии капли, снимок переносился в программный комплекс *AutoCad* с дальнейшим определением краевого угла. Пример схемы для определения краевого угла показан на рис. 3.

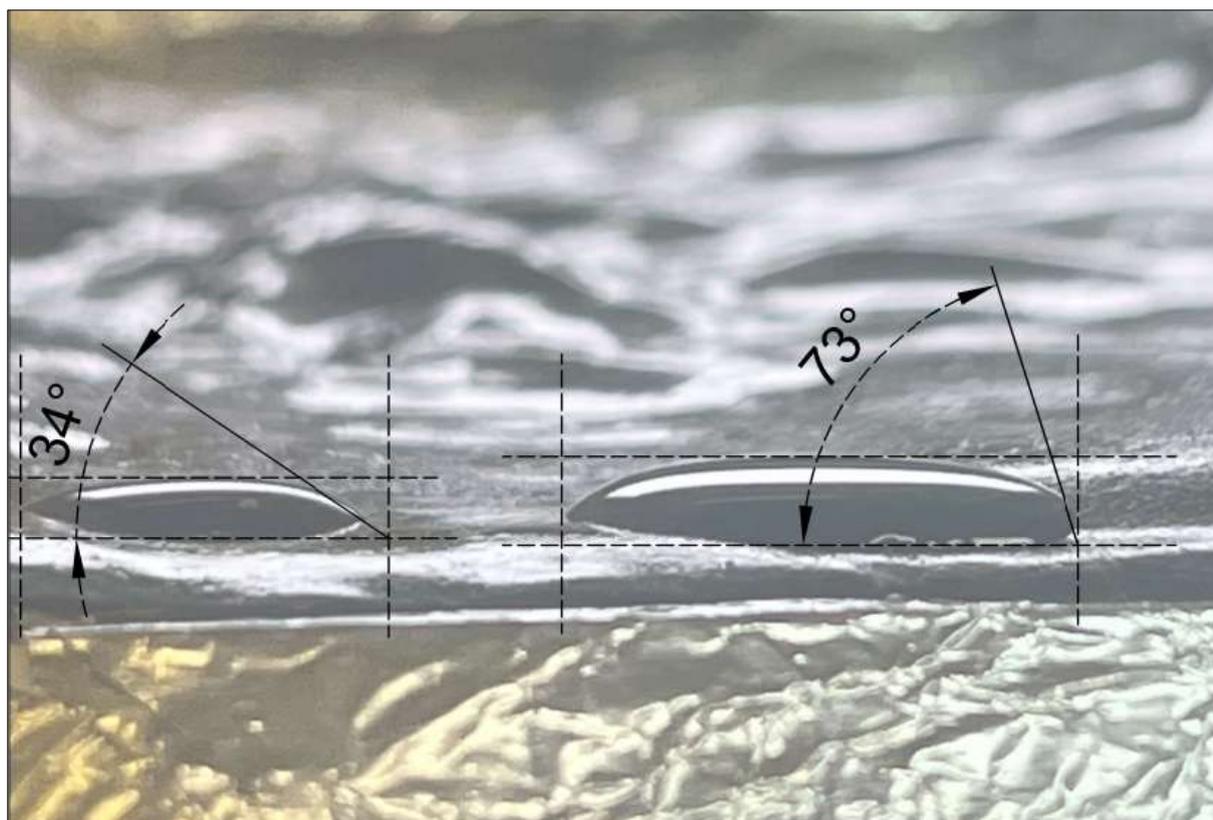


Рис. 3. Определение краевого угла смачивания при помощи *AutoCad*

Полученные результаты для каждой поверхности/жидкости были занесены в табл. 1.

Таблица 1

Полученные значения краевого угла для каждой поверхности/жидкости

№	Подложка				
	Жидкость	Битум	Стекло	Парафин	ПЭ-скотч
1	Вода	34	29	81	66
2	Масло SN-650	73	27	37	31
3	Масло И-20	42	29	24	26
4	Растительное масло ЛТМ	39	21	37	14

Наилучший контакт жидкости и поверхности показал скотч с нанесённым на него растительным маслом, краевой угол смачивания составил 14° . Самое слабое взаимодействие оказалось у парафина и воды, краевой угол смачивания – 81° .

Вывод. Проведено исследование смачиваемости твёрдых поверхностей с использованием органических вяжущих и неорганических жидких сред. Полученные в учебной лаборатории навыки позволили получить важные данные о поверхностном взаимодействии разнородных материалов. Полученные данные помогут более точно оценить поведение вяжущих в асфальтобетонных смесях и их взаимодействие с различными органическими жидкостями, что является важным аспектом для дальнейших научных разработок и практических приложений в области дорожного строительства.

Список источников

1. Ромохов К. С. Исследование поведения слоя жидкости на несмачиваемой сетке / К. С. Ромохов, Н. Ю. Любимова. 2015.
2. Киселев М. Г. Определение краевого угла смачивания на плоских поверхностях / М. Г. Киселев, В. В. Савич, Т. П. Павич // Вестник БНТУ. 2006. № 1.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ В ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ЛАБОРАТОРНОГО КОРПУСА ХАКАССКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА В АБАКАНЕ

О. З. Халимов, канд. техн. наук, доцент;

Г. Н. Шibaева, канд. техн. наук, доцент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Хакасский технический институт –

филиал Сибирского федерального университета, Абакан, Россия

Светлой памяти В. Ф. Рябихина

и Г. Ф. Шишканова посвящается

Аннотация. Статья посвящена поэтапному развитию корпуса «Б» Хакасского технического института (далее – ХТИ). В период строительства при недостаточной нагрузке на сваи произошло их выпучивание с образованием трещин в кирпичной кладке стен, выложенных до уровня подоконника 1-го эт. Директор ХТИ В. Ф. Рябихин пригласил из Красноярска известного специалиста в области оснований и фундаментов Г. Ф. Шишканова. Георгий Фёдорович оперативно оценил аварийную ситуацию и дал указание быстрее продолжать строительство, чтобы нагрузкой от здания компенсировать деформации морозного пучения.

В подвале этого корпуса в прошлом веке проводили исследования новых строительных материалов, а в настоящее время – гидрогеологические исследования взаимосвязи грунтовых и поверхностных вод дренажных каналов. Установлена закономерность создания водоупора от намыва территории земснарядом из дренажных каналов. Наличие этого водоупора снижает риск подтопления г. Абакана в период паводков.

Ключевые слова: *антисейсмический пояс, развитие недвижимости, подпорная стенка, верховодка, грунтовые воды, водоупор*

Резко континентальный климат Минусинских котловин способствует эффективному протеканию миграционных процессов и морозному пучению грунтов. Наиболее подвержены морозному пучению обочины автомобильных дорог.

Строительство корпуса началось в 1983 г. и сопровождалось проблемой выпучивания свай. Трещины в кирпичной кладке 1-го эт., доведённой до оконных проемов, появились при промерзании грунта. Директор АФ КПИ В. Ф. Рябихин пригласил заведующего кафедрой инженерных сооружений и фундаментов, специалиста в области геотехники Г. Ф. Шишканова. Георгий Фёдорович оперативно оценил ситуацию и дал рекомендации быстрее продолжать строительство, чтобы загрузить сваи и превысить нагрузкой от здания касательные силы морозного пучения, действующие по их боковой поверхности [1]. Абакангражданпроект, осуществляющий

привязку типового проекта ГИПРОВУЗа к местным условиям, для этого объекта предложил добить выпученные сваи. Но для этого необходимо было разобрать кирпичную кладку на 1-м эт., произвести демонтаж плит и балок перекрытия над подвалом, раздолбить железобетонные ростверки.

Учитывая политическую ситуацию в СССР в этот период времени можно было с уверенностью предположить, что строительство этого объекта могло завершиться на нулевом этапе работ. Реализованные В. Ф. Рябихиным рекомендации Г. Ф. Шишканова позволили выполнить строительство этого объекта и эффективно готовить специалистов в области строительства, энергетики, автомобильного транспорта.

После пятнадцати лет эксплуатации и многочисленных протечек плоской рулонной кровли было принято решение к началу XXI в. сделать шатровую крышу. Специалисты кафедры «Промышленного и гражданского строительства» после проведения обследования и установления деформаций в швах между плитами перекрытий и бетонных полах рекомендовали увеличить высоту обвязочной балки парапета до 800 мм для восприятия сейсмических колебаний и ускорения стабилизации деформаций.

Рекомендации были выполнены, шатровая крыша выполнена по металлическим продольным балкам в средних осях и обвязочным балкам парапета. Идея увеличения высоты парапета до 800 мм [2] подпитывалась возможностью создания 5-го эт. в будущем путём подъёма плит перекрытий технического этажа (рис. 1).

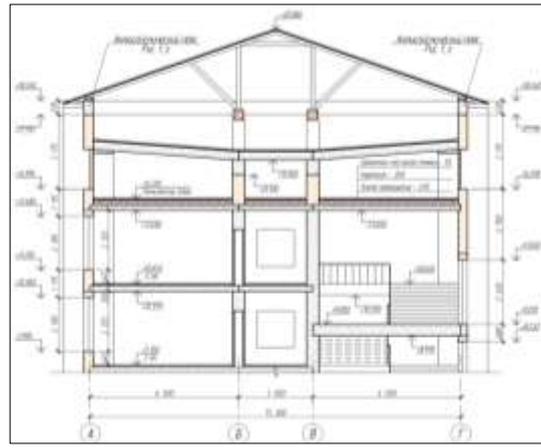
После запуска объекта в эксплуатацию кафедра ПГС эффективно использовала площадь подвального этажа для разработки и исследования долговечности новых строительных материалов. Также в подвале и на 4-м эт. по установленным маркам производились наблюдения за раскрытием трещин. Необходимо отметить, что деформации здания прекратились сразу же после устройства крыши. По-видимому, ускорению стабилизации способствовали работы по приготовлению и укладке бетона в антисейсмический пояс, а также дополнительные нагрузки от металлических балок и деревянных стропильных конструкций.

В подвале, чтобы грунт из-под монолитного железобетонного ростверка не перемещался внутрь подвального помещения, сооружена подпорная стенка (рис. 2).

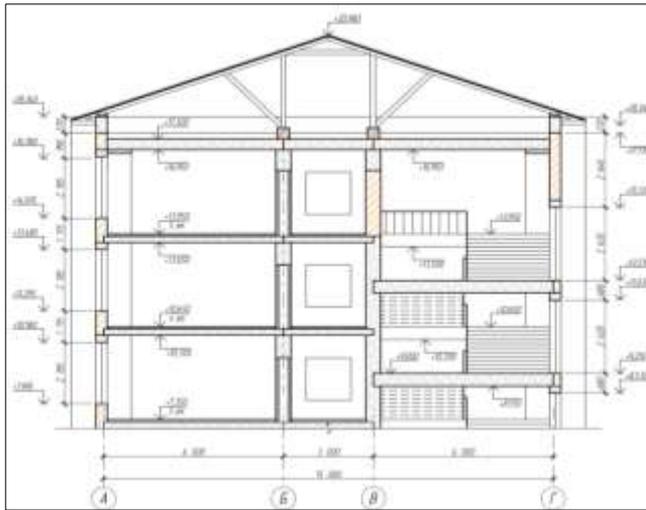
Однако подпорная стенка не была заармирована. В результате бокового давления грунта, в особенности при протекании воды со стилобата в подвал при плохой организации отвода воды с крыши здания, подпорная стенка стала деформироваться: наклоняться, а некачественно приготовленный бетон – расструктурироваться.



a



б

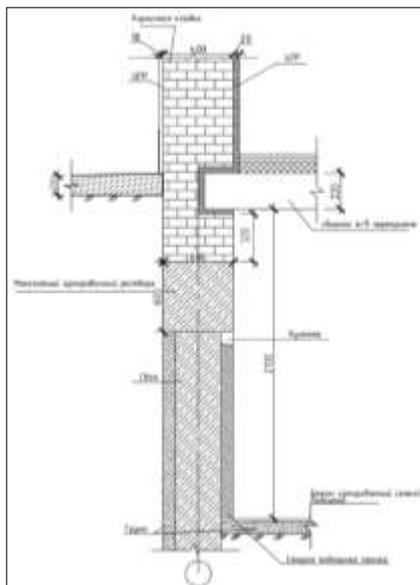


в

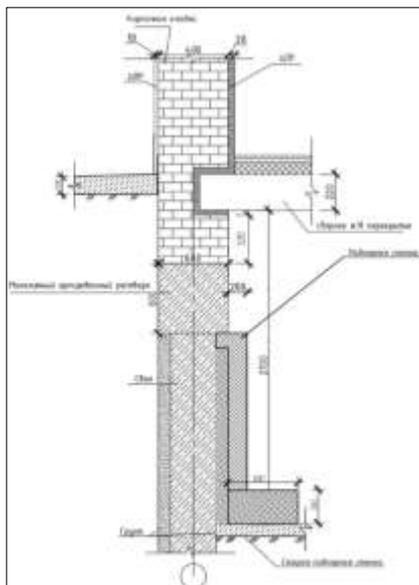


г

Рис. 1. Корпус «Б» ХТИ – филиала СФУ:
a – разрез 1985 г.; *б* – разрез после устройства шатровой крыши; *в* – возможность создания 5-го эт. при реконструкции; *г* – фотография антисейсмического пояса



a



б



в

Рис. 2. Подпорная стенка: *a* – до усиления; *б* – после усиления; *в* – в процессе усиления

Этот слой уплотнённого глинистого грунта превратился в водоупорный горизонт, являющийся препятствием для инфильтрации атмосферных осадков и утечек воды из сетей водопровода, отопления, канализации. На нем стала скапливаться вода в периоды интенсивных атмосферных осадков. С целью наблюдения за динамикой грунтовых вод студенты строительных специальностей посещают наблюдательную станцию в подвале лабораторного корпуса (рис. 4).



Рис. 4. Экскурсии студентов в подвал корпуса «Б» для изучения динамики грунтовых вод и анализа подземных конструкций

В подвале хорошо видна конструктивная схема здания (ленточные свайные фундаменты под наружными стенами и куст свай с ростверком под колоннами) и сопряжения подземных конструкций.

Работа по исследованию динамики колебания грунтовых вод и верховодки началась в 2018 г. В марте 2023 г. верховодка исчезла. Динамика грунтовых вод, расположенных в галечниковых отложениях, зависит от уровня воды в реке Абакан и переброски вод из дренажных каналов за северную дамбу мощными насосами [3].

Таким образом, благодаря оперативным действиям директора АФ КПИ Василия Фёдоровича Рябихина и рационально выданному решению геотехника Георгия Фёдоровича Шишканова, удалось достроить столь важный для развития Хакасии научно-технический центр, в котором продолжают исследования в области строительства и энергетики. Одним из важных результатов исследований в области гидрогеологии явилось

установление фактов наличия верховодки (с чем пока не согласны гидрогеологи Минусинска). Формирование водоупора в районах намыва территории на ранее затопляемых участках снижает для г. Абакана риск подтопления, но не исключает опасность затопления в период паводков.

Список источников

1. Халимов О. З. Геотехническое сопровождение на этапах жизненного цикла зданий и сооружений: моногр. Абакан: ХТИ – филиал СФУ, 2020.

2. Кузьмин Д. В. Развитие недвижимости на примере корпуса «Б» ХТИ – филиала КГТУ / Д. В. Кузьмин, И. В. Мауэр // Сб. докл. молодых учёных ХТИ. 2004. № 4. С. 167–172.

3. Исследование взаимосвязи динамики подземных вод с поверхностными водами дренажного канала г. Абакана. Номер государственного учёта НИОКТР: 123100400126-8. М., 2023.

ВОЗВЕДЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГО УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД В АБАКАНЕ

И. В. Хлебников, магистрант
*Хакасский технический институт –
филиал Сибирского федерального университета, Абакан, Россия*

Аннотация. Статья посвящена проблемам, возникающим при строительстве в условиях высокого уровня грунтовых вод в регионе Хакасии, который характеризуется сложной геологической структурой и распространением водоносных горизонтов. Введение подчеркивает важность инженерно-геологических изысканий как основного этапа подготовки к строительству, позволяющего получить критически важную информацию о составе грунтов и уровне грунтовых вод. На основе проведенных исследований в Абакане определены глубины залегания грунтовых вод, что служит основой для выбора оптимальных типов фундаментов. Рассматриваются основные типы фундаментов – плитный, свайный и свайно-плитный – с акцентом на их взаимодействие с грунтовыми водами и требования к гидроизоляции. Также обсуждаются методы борьбы с высоким уровнем грунтовых вод, включая дренажные системы и технологии водоотведения, направленные на обеспечение безопасности строительных конструкций. Статья подчеркивает необходимость комплексного подхода к проектированию фундаментов и выбору методов защиты от негативного воздействия воды для успешного строительства в сложных геологических условиях региона.

Ключевые слова: Хакасия, грунтовые воды, инженерно-геологические изыскания, фундамент, плитный фундамент, свайный фундамент, свайно-плитный фундамент, гидроизоляция, дренажные системы, водоотведение, геологическая структура, строительство, безопасность сооружений, негативное воздействие воды, комплексный подход к строительству

Регион Хакасии, расположенный в южной части Сибири, обладает уникальной геологической структурой, характеризующейся наличием сложных геологических формаций, в т. ч. значительным распространением водоносных горизонтов. Данная особенность создает ряд серьезных проблем при подготовке котлована для строительства зданий, т. к. высокий уровень грунтовых вод существенно влияет на несущую способность грунта, характеристики фундамента и, как следствие, безопасность всего сооружения.

Первостепенным этапом любого строительства, особенно в условиях сложной геологии, является проведение комплексных инженерно-геологических изысканий. Целью таких исследований является получение точной информации о геологическом строении участка, составе грунтов, уровне и динамике грунтовых вод [1].

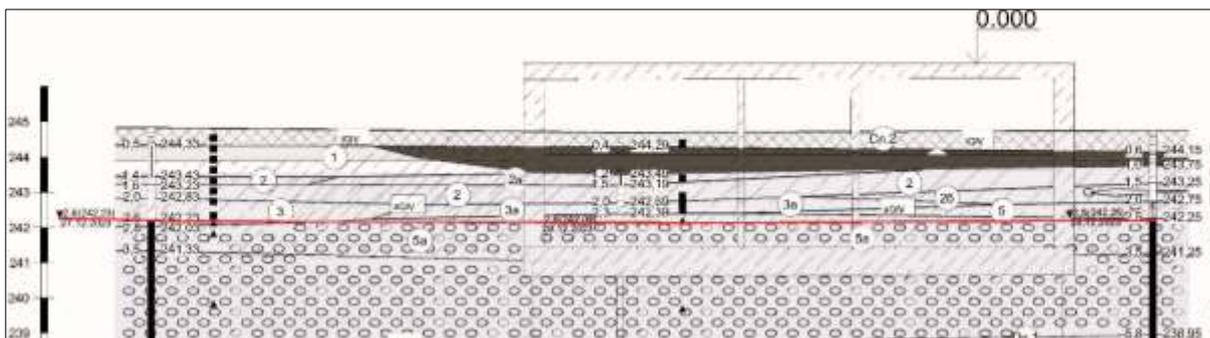


Рис. 1. Инженерно-геологический разрез проектируемого многоквартирного дома, расположенного по адресу: РХ, г. Абакан, ул. Кирова, д. 157

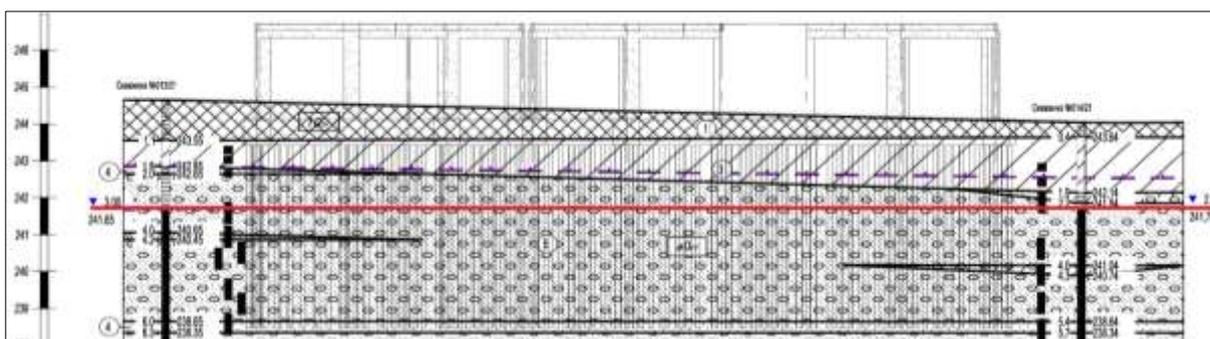


Рис. 2. Инженерно-геологический разрез строящегося многоквартирного дома, расположенного по адресу: РХ, г. Абакан, Трудовая ул., д. 84

В г. Абакане, административном центре Хакасии, проведённые инженерно-геологические изыскания показали, что глубина залегания грунтовых вод на различных участках варьируется от 2,23 до 3,17 м. Данные сведения являются критически важными для выбора оптимального типа фундамента и определения необходимых мер для защиты от негативного воздействия грунтовых вод.



Рис. 3. График зависимости уровня грунтовых вод от времени года строящегося многоквартирного дома, расположенного по адресу: РХ, г. Абакан, ул. Трудовая, д. 84

При выборе типа фундамента для строительства в условиях высокого уровня грунтовых вод, необходимо учитывать как несущую способность грунта, так и возможность воздействия воды на его прочностные и деформационные характеристики. В Хакасии наиболее распространёнными типами фундамента являются:

– плитный: представляет собой железобетонную плиту, опирающуюся на естественное основание; является эффективным для равномерного распределения нагрузки, но требует качественного устройства гидроизоляции для защиты от проникновения грунтовых вод;

– свайный: используется при слабых грунтах или при необходимости передачи нагрузки на более глубокие слои почвы. Свайные фундаменты могут быть винтовыми, забивными или буронабивными. Важно выбрать свайный фундамент с учетом глубины залегания грунтовых вод и особенностей грунтов, чтобы обеспечить его надежность и устойчивость;

– свайно-плитный: сочетает преимущества обоих типов фундаментов – свайная система используется для передачи нагрузки на более глубокие слои грунта, а плита, опирающаяся на сваи, обеспечивает дополнительную устойчивость и равномерное распределение нагрузки [2].

Высокий уровень грунтовых вод является одной из главных проблем при подготовке котлована. Для предотвращения негативных последствий, связанных с воздействием воды, применяются специальные методы и технологии, которые позволяют снизить уровень грунтовых вод или обеспечить эффективную защиту строительных конструкций от их влияния:

Водопонижение. Является одним из наиболее распространённых методов решения проблемы высокого уровня грунтовых вод. Технология водопонижения иглофильтрами предполагает установку иглообразных труб, через которые с помощью вакуумных насосов откачивается вода.

Дренаж. Система дренажа предназначена для отвода грунтовых вод от основания строительных конструкций. Различают поверхностный и глубинный дренаж. Поверхностный дренаж создается для отвода поверхностных вод, а глубинный – для отвода грунтовых вод от основания фундамента.

Уплотнение грунта. Уплотнение грунта позволяет увеличить его несущую способность и уменьшить проницаемость для воды. Для уплотнения грунта применяются виброударные установки, вибротрамбовки и другие виды спецтехники.

Пневматическое водоотведение. В грунт забиваются специальные трубы с поршнями, которые с помощью сжатого воздуха выталкивают воду из грунта.

Электроосмотическое водопонижение. Этот метод основан на использовании электрического поля для перемещения воды из грунта к электродам [3].

Бетонные работы в условиях высокого уровня грунтовых вод требуют использования специальных марок бетона, обладающих повышенной водонепроницаемостью, морозостойкостью, механической прочностью и другими характеристиками, способными выдержать воздействие воды и перепады температур. Также важно применять специальные технологии бетонирования, обеспечивающие защиту бетонных конструкций от попадания воды и её влияния на процесс схватывания и твердения бетона [4].

Для выполнения такого рода работ требуются специальные марки бетонов, которые должны отвечать высоким требованиям: по водонепроницаемости; морозостойкости; механической прочности; сульфатостойкости.

Помимо перечисленного, бетонные смеси, применяемые для такого рода работ, должны обладать повышенной подвижностью и удобоукладываемостью, а также минимальным тепловыделением в период твердения [5].

Одним из примеров бетонирования в условиях высокого уровня грунтовых вод является объект, расположенный в Абакане на перекрёстке улиц Кирова и Богдана Хмельницкого. На данном объекте сначала была выполнена выемка грунта до проектной отметки галечникового основания, после разработки котлована уровень грунтовых вод был выше проектной отметки на 1,0 м, затем было выполнено бетонирование подготовки фундамента в воду с одновременной её откачкой. В результате удалось получить фундаменты на естественном основании без использования свайных фундаментов, которые применялись на соседних объектах, а применить плитный фундамент.



Рис. 4. Подводное бетонирование строящегося многоквартирного дома в Абакане на перекрёстке улиц Кирова и Богдана Хмельницкого

Решение проблемы высокого уровня грунтовых вод при подготовке котлована в условиях сложной геологии региона Хакасии требует комплексного подхода, основанного на результатах инженерно-геологических изысканий и применении специализированных методов, направленных на обеспечение безопасности и надёжности строительства в данном регионе.

Только в случае правильного выбора типа фундамента, эффективно-го применения методов борьбы с грунтовыми водами и использования специальных марок бетона и технологий бетонирования, можно гаранти-

ровать успешное строительство зданий в условиях сложной геологии региона Хакасии.

Список источников

1. Курманов А. К. Влияние уровня подземных вод при строительстве и реконструкции зданий и сооружений / А. К. Курманов, Д. А. Аскаргов // Наука и техника Казахстана. 2017. № 1–2. С. 20–24.
2. Васильев А. А. Техничко-экономическое сравнение типов фундаментов для многоэтажного жилого дома в г. Уфе // Научный лидер. 2024. С. 32.
3. Шуплик М. Н. Анализ специальных способов строительства подземных сооружений в городских условиях // Горный информационно-аналитический бюллетень (науч.-тех. журнал). 2014. № S1. С. 523–546.
4. Шиховцов А. А. Подводное бетонирование / А. А. Шиховцов, С. Р. Оганесян // Профессионал года. 2018. С. 118–121.
5. Клочко Б. Г. Исследование физико-механических свойств растворов для бетонирования под водой / Б. Г. Клочко, А. В. Краснюк, В. А. Момот // Наука и прогресс транспорта. Вестник ДНУЖТ. 2007. № 16. С. 95–96.

ПОВЕРХНОСТНЫЙ СТОК НА УЛИЦАХ ГОРОДА КРАСНОЯРСКА И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ

С. А. Шевченко, магистрант;

Т. В. Гавриленко, канд. техн. наук, доцент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Произведён анализ последствий поверхностного стока на улицах Красноярска. Определена одна из причин снижения срока службы дорожного покрытия. Предложены мероприятия по совершенствованию системы водоотведения, переоборудования пешеходных и транспортных зон. Отмечается необходимость комплексного подхода к решению проблемы стока воды на улично-дорожной сети.

Ключевые слова: *поверхностный сток, ливневая канализация, засорение лотков, разрушение дорожного покрытия, фитофильтры и дождевые сады*

В последнее время в Красноярске наблюдается заметное изменение климата, выражающееся в повышении температуры воздуха летом и выпадении большого количества ливневых осадков, с быстрым отводом которых не справляется существующая улично-дорожная сеть и ее инженерные объекты. В результате мы наблюдаем большое скопление воды на проезжей части и тротуарах, затрудняющее движение транспорта и пешеходов.

Ливневые потоки на местности с большими уклонами обладают высокой скоростью течения, и если она превысит допустимое для грунта земляного полотна значение (неразмывающую скорость), то образуются размывы, разрушающие откосы (рис. 1, а).

Ливневые дожди приводят к разрушениям верхнего слоя дорожных одежд: из-за проникновения воды уменьшается прочность асфальтобетонного покрытия и под воздействием нагрузок от транспорта в покрытии образуются трещины и выбоины, что ухудшает транспортно-эксплуатационные качества городских улиц и дорог (рис. 1, б). Влияние дождя на состояние покрытия усиливается из-за низкого качества материала покрытия или нарушения технологии при его укладке. Летом 2024 г. уложенный новый слой асфальтобетона на ул. Копылова при первом же ливне разрушился, и дорожникам пришлось укладывать новый слой (рис. 2).

Ещё один вид разрушения дорожного полотна – это образование пустот под дорожными одеждами в результате вымывания малосвязных слоев дорожной одежды и грунта земляного полотна. Не проявляясь визуально, они вызывают мгновенный провал либо в результате приложения нагрузки от проезжающего транспорта, либо при достижении предельных своих размеров. На рис. 3 приведён пример такого разрушения – яма, образовавшаяся в 2023 г. на ул. Воронова.



a



б

Рис. 1. Разрушение: *a* – откосов земляного полотна на Николаевском пр.;
б – асфальтобетонного покрытия на прилегающей улице. Июль 2024 г.



Рис. 2. Разрушенное покрытие на ул. Копылова



Рис. 3. Провал на ул. Воронова

В Красноярске проблеме обеспечения поверхностного стока стараются уделять должное внимание. На сайте городской администрации размещены документы, посвящённые усовершенствованию системы водоотведения, которые регламентируют работы по реконструкции существующих и возведению новых её объектов. Там же приведена карта-схема развития объектов водоотведения [1]. Представленные объекты и сети подразделяются на существующие, планируемые к размещению, реконструкции или ликвидации. Большое значение уделяется непосредственно сетям водоотведения поверхностного стока (закрытым и открытым). Однако размещённая на сайте информация не отображает последние изменения на сегодняшний день. Сложно оценить процент выполнения заявленной работы.

Поверхностный сток воды на городских улицах должен обеспечиваться продольным уклоном проезжей части не менее 5 ‰ [2]. Вода течёт вдоль улицы по специальным бетонным лоткам (рис. 4) или лоткам, образованным бортовым камнем и проезжей частью с поперечным уклоном не менее 20 ‰. Отвод воды из лотков осуществляется выпуском воды на рельеф или её приёмом в ливневую канализацию. К 2020 г. ливнёвками в Красноярске было оборудовано около 10 % всей улично-дорожной сети – 119 км из 1 200 км дорог. В 2023 г. количество увеличилось до 187 км [3; 4].

Вместе с тем часть водоотводящих сооружений работает неэффективно из-за неправильного их обустройства и периодического загрязнения мусором, которые не проходят своевременную очистку. Очень часто решётки на водоприёмных устройствах и лотки оказываются забитыми частицами грунта, принесёнными ливневым потоком (рис. 4, 5).



Рис. 4. Водоотводные лотки на улицах, примыкающих к Николаевскому пр. Июль 2024 г.



а



б

Рис. 5: *а* – отремонтированная дорога на ул. 60 лет Октября с решётками для водоотведения; *б* – ливневая канализация на ул. Степана Разина

Геометрические размеры водоотводных лотков назначаются в соответствии с объемами и расходами поверхностного стока воды. Согласно положениям [5] для этого необходимо учитывать такие параметры, как расчётная продолжительность и интенсивность дождя, период однократного превышения расчетной интенсивности дождя, среднее количество дождей за год. Изменяющийся климат требует постоянного уточнения этих факторов на основе натуральных наблюдений за осадками.

Для улучшения работы водоотводных лотков необходимо также рассматривать различные дополнительные инженерные устройства: каналы для прерывания стока воды по проезжей части, лотки для стока воды под тротуаром и водоотводы на остановках с использованием фитофилтра, дождевые сады [6]. Эти технические решения показаны на рис. 6, 7. Принцип работы фитофильтров и дождевых садов заключается в снижении объема поверхностного стока путем использования насыпного материала, который может задерживать до 45 % осадков, поступающих в грунт.

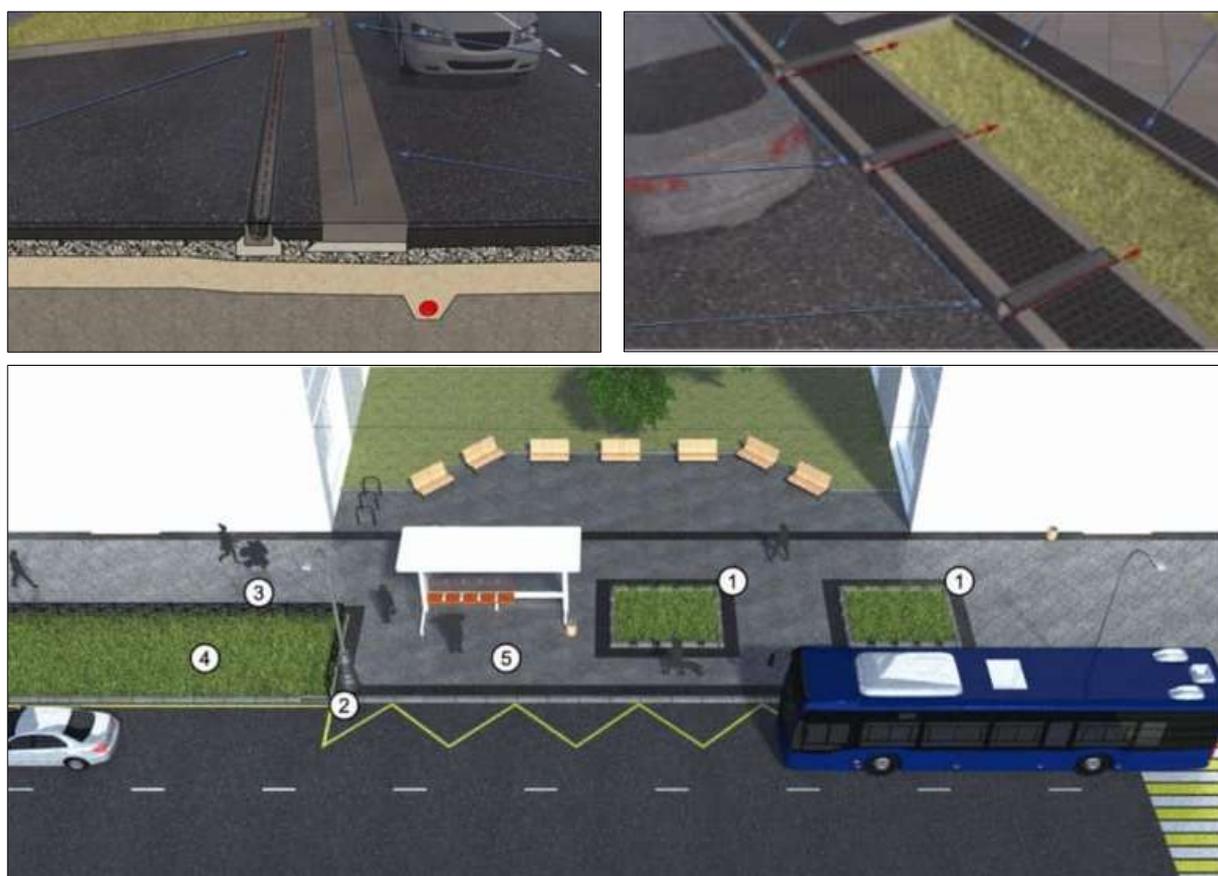


Рис. 6. Проектные предложения по переоборудованию пешеходных и транспортных зон с целью сокращения объема поверхностного стока

При реконструкции улиц, особенно при увеличении количества полос движения, важно принимать во внимание расположение коллекторов и возможность их демонтажа и перемещения на новое место, назначаемое в проекте реконструкции.



Рис. 7. Варианты размещения дождевых садов с отводом воды с дорожного покрытия улицы

Таким образом, анализ последствий неудовлетворительного поверхностного стока воды на улицах Красноярска показывает, что проблему необходимо решать комплексно:

- 1) уточнить расчётные показатели осадков, формирующие объёмы поверхностного стока воды;
- 2) своевременно устранять засорение водоприемных и водоотводных устройств после выпадения обильных осадков;
- 3) производить ежегодное обновление и модернизацию водоотводящих сооружений;
- 4) увеличить протяжённость ливневой канализации на улично-дорожной сети;
- 5) использовать различные технические решения по переоборудованию пешеходных и транспортных зон.

Данные предложения позволят улучшить ситуацию с поверхностным стоком, что поспособствует повышению транспортно-эксплуатационных качеств городских улиц и обеспечит комфортное передвижение пешеходов и автомобилей.

Список источников

1. Приложение 7 к № В-269 от 24.08.2022 «Схема объектов водоотведения» // Администрация г. Красноярска. URL: admkrsk.ru.
2. Проектирование городских улиц и дорог: учеб.-метод. пособие / сост.: В. И. Жуков, С. В. Копылов. Красноярск: СФУ, 2014. 80 с.
3. Анализ количества ливнёвок в Красноярске в 2020 г. URL: gnkk.ru/articles/krasnoyarsk-ili-veneciya/?ysclid=m28cyc9bku153085577.
4. Количество дорог, оборудованное ливнёвками в 2023 г. URL: tvknews.ru/publications/news/72048/?ysclid=m28ctjjk2q409702101.
5. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуал. ред. СНиП 2.04.03-85. М.: ФЦС Минстроя России, 2018. 212 с.
6. Методические рекомендации по организации водоотвода на улично-дорожной сети городов, не имеющих подземной (трубопроводной) ливневой канализации. М.: ФЦС Минстроя России, 2019. 170 с.

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ СТЫКОВОЧНОЙ БИТУМНО-ПОЛИМЕРНОЙ ЛЕНТЫ

Д. В. Яшкин¹, студент;

Д. В. Варочка¹, студент;

Д. Ю. Небратенко^{1,2}, канд. хим. наук, доцент

¹Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

²Российский университет транспорта (МИИТ), Москва, Россия

Аннотация. Эффективным средством борьбы с образованием трещин на месте различных швов и поверхностных сочленений являются бортовые и стыковочные битумные и битумно-полимерные ленты (далее – СБПЛ). Отличительной особенностью рассматриваемых в данном исследовании лент является наличие широкой протяжённой поверхности, в ряде случаев с дополнительным клеевым слоем. Функционально она необходима для обеспечения конфекционной клейкости к поверхности холодного бортового края асфальтобетонного (далее – АБ) покрытия в период перед укладкой в параллельном направлении слоя горячей АБ-смеси. Кроме того, таким образом обеспечивается равномерное нанесение необходимого объёма битумного вяжущего в указанном месте сочленения двух полос АБ-покрытия для создания монолитного слоя с микро- и макрошероховатостями поверхности субстрата. На указанные свойства существенным образом влияют не только теплофизические характеристики смесового полимерно-битумного композиционного материала, но и геометрические размеры лент. Цель данного исследования – разработка схемы расчёта температурного градиента в плоском массиве композиционного материала и обоснование на его основе оптимальных геометрических размеров бортовых СБПЛ.

Ключевые слова: *стыковочные битумно-полимерные ленты, теплофизический расчёт, геометрические размеры*

Одной из наиболее важных стадий эксплуатации стыковочного шва двух параллельных полос АБ-покрытия является обеспечение надёжного контакта на границе их раздела в течение максимально продолжительного периода времени.

Для повышения надёжности такого контакта предложено применять СБПЛ [1; 2]. Использование ленты заключается в прикреплении ленты, разматываемой из рулона к боковой поверхности старого холодного (или более свежего, но остывающего) слоя АБ или полимерасфальтобетона (ПАБ). Лента удерживается на боковой поверхности АБ исключительно за счёт конфекционной клейкости собственного битумного вяжущего или предварительно нанесенного на широкую часть СБПЛ клеевого состава. В таком состоянии, в зависимости от протяженности объекта укладки и периодичности технологических операций, лента может находиться от нескольких минут до нескольких часов.

Затем при размещении в параллельном направлении свежего слоя горячей АБ-смеси, её прикатки к существующему слою АБ и уплотнения дорожными катками до необходимого уровня пористости покрытия, СБПЛ прогревается, расплавляется и растекается по микро- и макрополостям в зоне стыка, обеспечивая необходимый уровень крепления благодаря равномерному распределению дополнительного вяжущего из состава ленты в граничном слое.

В сравнении со стоимостью АБ-смеси СБПЛ относительно дорогие, и необходимо оптимизировать способы их применения и геометрические размеры таким образом, чтобы сохранить должный уровень адгезионного взаимодействия при минимальных весовых и стоимостных характеристиках данного вспомогательного материала.

Для решения указанной задачи необходимо провести теплофизический расчёт состояния ленты в ходе проведения технологического процесса её применения.

Рассмотрим теплопередачу через сплошную пластинку, моделирующую слой ленты. Требуется определить величину теплового потока через пластинку толщиной L , имеющей коэффициент теплопроводности (λ). Коэффициент теплопроводности (λ) для всех битумов практически одинаков и незначительно уменьшается с возрастанием температуры. Так, при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ он равен 1,51–1,69, при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 1,45–1,57, при $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 1,4–1,5 Вт/(м²×К), стенки которой имеют постоянную температуру T_0 (температура окружающей среды, например, $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (для сравнительного расчёта можно взять еще и осенние $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и зимние $0\text{ }^{\circ}\text{C}$) и T (температура горячей АБ-смеси, например, $130\text{--}140\text{ }^{\circ}\text{C}$ (или крайний случай $100\text{ }^{\circ}\text{C}$)).

Математическая формулировка задачи состоит из стационарного одномерного уравнения теплопроводности с граничными условиями 1-го рода:

$$\frac{d^2T}{dx^2} = 0; \quad (1)$$

$$T(0) = T_0; \quad T(L) = T_1. \quad (2)$$

Задача (1)–(2) не содержит параметров среды, и если ввести безразмерную температуру и координату:

$$u = \frac{T_0 - T}{T_0 - T_1}; \quad (3)$$

$$\xi = \frac{x}{L}, \quad (4)$$

то задача (1)–(2) запишется в виде:

$$\frac{d^2u}{d\xi^2} = 0; \quad (5)$$

$$u(0) = 0; u(1) = 1. \quad (6)$$

Задача (5)–(6) представляет собой однородное дифференциальное уравнение 2-го порядка с краевыми условиями. Общее решение уравнения (5):

$$u(\xi) = C_1\xi + C_2, \quad (7)$$

где C_1 и C_2 – константы интегрирования.

Из граничных условий (7) находим $C_1 = 0$, $C_2 = 1$.

Решение задачи (3)–(4):

$$u(\xi) = \xi. \quad (8)$$

Возвращаясь к физическим переменным, получаем:

$$T(x) = T_0 - (T_0 - T_1)\frac{x}{L}. \quad (9)$$

Функция (9) представляет собой прямую линию. Распределение температуры внутри СБПЛ – линейное (рис. 1).

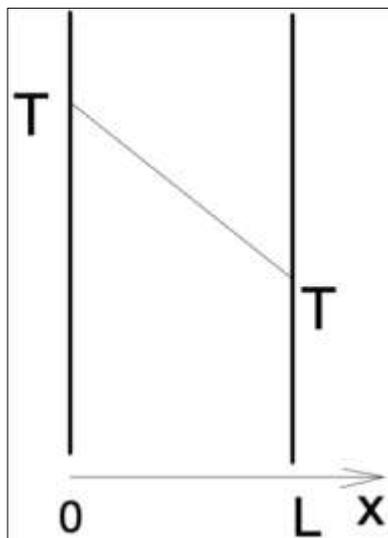


Рис. 1. Распределение температуры внутри СБПЛ

Подсчитаем количество тепла, проходящее через единицу площади СБПЛ в направлении, перпендикулярном ей, в единицу времени. Согласно закону Фурье:

$$q = -\lambda \frac{dT}{dx}. \quad (10)$$

Подставим в закон Фурье найденное распределение температуры (10), получим:

$$q = -\lambda \frac{dT(x)}{dx} = \lambda \frac{T_0 - T_1}{L}. \quad (11)$$

Количество тепла, переносимое через единицу площади СБПЛ в единицу времени пропорционально разности температур ($T_0 - T_1$) с коэффициентом пропорциональности:

$$\alpha = \frac{\lambda}{L}, \quad (12)$$

который называется коэффициентом теплопередачи. Величина

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{L}{\lambda} = R_m, \quad (13)$$

обратная α , называется термическим сопротивлением и введена ввиду аналогии между потоком тепла и электрическим током. Для потока тепла можно записать:

$$T_0 - T_1 = R_T q. \quad (14)$$

Теперь, подставив практические данные, можно оценить растекаемость материала ленты в месте стыка. Учитывая известную температуру размягчения битума (КиШ) можем предсказать его растекаемость в изучаемых условиях.

Для этого самого простейшего случая можно рассмотреть вариант ленты с разными габаритными размерами. Так, вместо 50×5 мм при длине 50 м, можно провести расчёт для 30×5 мм при той же длине. Сравнительные данные представлены в табл. 1.

Вывод. Используя положения традиционного теплофизического расчета для случая бортовой СБПЛ, проведено изучение подхода к оценке реологического состояния многокомпонентного композиционного вспомогательного материала, используемого для предотвращения образования продольных и поперечных трещин в месте стыка АБ и горячей АБ-смеси.

Показатели количества тепла,
 проходящего через единицу площади и термического сопротивления
 в зависимости от температурного диапазона укладываемой АБС
 и окружающей среды и геометрических размеров лент

Показатель	Геометрические размеры			
	30×5	30×7	50×5	50×7
140–25 °С				
q , Вт/м ²	35 190	25 135,7	35 190	25 135,7
R_T , К/Вт	0,0033	0,0046	0,0033	0,0046
130–10 °С				
q , Вт/м ²	37 440	26 742,9	37 440	26 742,9
R_T , К/Вт	0,0032	0,0045	0,0032	0,0045
100–0 °С				
R_T , К/Вт	32 000	22 857,1	32 000	22 857,1

Список источников

1. Способ изготовления безосновного ленточного материала для дорожного покрытия и способ устройства стыков и сопряжений из безосновного ленточного материала патента RU 2599300 Чернов О. Н., Грацианский С. А., Барковский Д. В. URL: findpatent.ru/patent/259/2599300.html.

2. Барковский Д. В. Технология устройства продольных швов сопряжения асфальтобетонных покрытий. Мировой опыт / Д. В. Барковский, М. А. Высоцкая // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2016. № 6. С. 16–24.

ОЦЕНКА УДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МОСТОВЫХ ОГРАЖДЕНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ БАРЬЕРНОГО ТИПА

А. Н. Яшнов, д-р техн. наук, доцент;

О. О. Мирошниченко, студент

Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрена проблема оценки удерживающей способности мостовых ограждений безопасности. Актуальными являются вопросы подбора конструкции усиления для увеличения удерживающей способности ограждения. Была поставлена цель – оценить изменение удерживающей способности различных типов ограждений безопасности по изменению их деформаций. Выполнены расчеты в упругой постановке. В первом приближении можно оценить изменение удерживающей способности ограждения безопасности по изменению упругого прогиба от наезда транспортного средства.

Ключевые слова: *ограждение безопасности, мостовое сооружение, ортотропная плита, удерживающая способность, транспортное средство*

Ограждения безопасности – это один из важнейших элементов обеспечения безопасности движения. Впервые характеристики ограждений безопасности, рекомендованных к применению на мостовых сооружениях в развитие требований действующих норм по проектированию мостов, приведены в [1]. Современные требования к ограждениям безопасности установлены в ГОСТ Р 52 289-2019 [2]. В связи с повышением интенсивности движения и увеличением массы транспортных средств встаёт вопрос о замене или усилении существующих ограждений безопасности. Естественно, что замена устаревших конструкций потребует значительных затрат, поэтому модернизация с усилением существующих ограждений безопасности, даже в качестве временной меры, может быть эффективна. При этом возникает необходимость оценки влияния усиления на величину удерживающей способности ограждения. Кроме того, для мостовых сооружений следует иметь в виду, что удерживающая способность ограждения безопасности будет зависеть и от жёсткости закрепления – очевидно, что при одном и том же усилии деформации ограждения на железобетонной и ортотропной плите проезжей части будут различными. Гибкость ортотропного настила на участке между поперечными балками в направлении поперек движения будет весьма существенно влиять на удерживающую способность ограждений безопасности. Поэтому была поставлена цель – оценить изменение удерживающей способности различных типов ограждений безопасности по изменению их упругих деформаций при наезде транспортного средства.

На мостах нашли применение ограждения безопасности жёсткого (парапетные) и полужёсткого (барьерные) типов. Гибкие (тросовые) ограждения на мостах не применяют. Некоторые исследователи (например, [3]) считают целесообразным применение парапетных ограждений, другие ([4]) – отдают предпочтения барьерным. В данной работе мы рассматриваем барьерные ограждения, как получившие наибольшее распространение на современных автодорожных мостах.

В качестве действующей на ограждение транспортной нагрузки был рассмотрен трёхосный автосамосвал (рис. 1): грузоподъёмность – 15 т, максимальная скорость – 85 км/ч, полная масса – 25,2 т, нагрузка на заднюю ось – 19 тс, на переднюю – 6,2 тс. Центр масс такого автомобиля будет находиться на расстоянии 3,96 м от его бампера. Реакция барьерного ограждения от удара транспортного средства может быть оценена [5] по формуле (1):

$$\bar{R} = M \times \bar{a}_n, \quad (1)$$

где V_n – поперечная составляющая скорости: $V_n = V \times \sin \alpha$ (V – скорость транспортного средства, 60 км/ч, α – угол наезда, 20°); $S_{ц}$ – смещение центра масс, определяемое по формуле (2):

$$S_{ц} = c \times \sin \alpha + b(\cos \alpha - 1) + y_{\max}, \quad (2)$$

где c – расстояние от бампера автомобиля до его центра масс, 3 960 мм; b – половина ширины автомобиля, $b = \frac{2500}{2} = 1250$ мм; y_{\max} – максимальный прогиб ограждения, 750 мм.

Тогда по формуле (2)

$$S_{ц} = 3,959 \times \sin 20^\circ + 1,25(\cos 20^\circ - 1) + 0,75 = 2,03 \text{ м};$$

$$\bar{a}_n = \frac{5,7^2}{2 \times 2,03} = 8 \text{ м/с}^2;$$

$$\bar{R} = 25\,200 \times 8 = 201,66 \text{ кН}.$$

Таким образом, величину действующей нагрузки транспорта на ограждение безопасности принимаем 201,66 кН.

Для изучения зависимости удерживающей способности ограждения безопасности от его конструкции была создана модель в *Midas Civil*. В качестве расчётной нагрузки принято горизонтальное усилие от наезда транспортного средства на ограждение, определенное выше. В качестве исходной конструкции было принято требуемое в соответствии с нормами [1] для выбранных условий при расположении на металлическом пролётном строении с ортотропной плитой проезжей части (автодорога II техни-

ческой категории, габарит Г-11,5, служебные проходы 2Т-0,75). Требуется установка барьерного ограждения высотой 0,75 м со стойками из двутавра № 12, установленными с шагом 1 м, с одной балкой двухволнового профиля. Общий вид конечно-элементной модели показан на рис. 2. Приняты допущения, что крепление стоек к плите – жёсткое, соединение стоек с горизонтальной направляющей балкой – в виде жёсткой связи, упругая деформация.

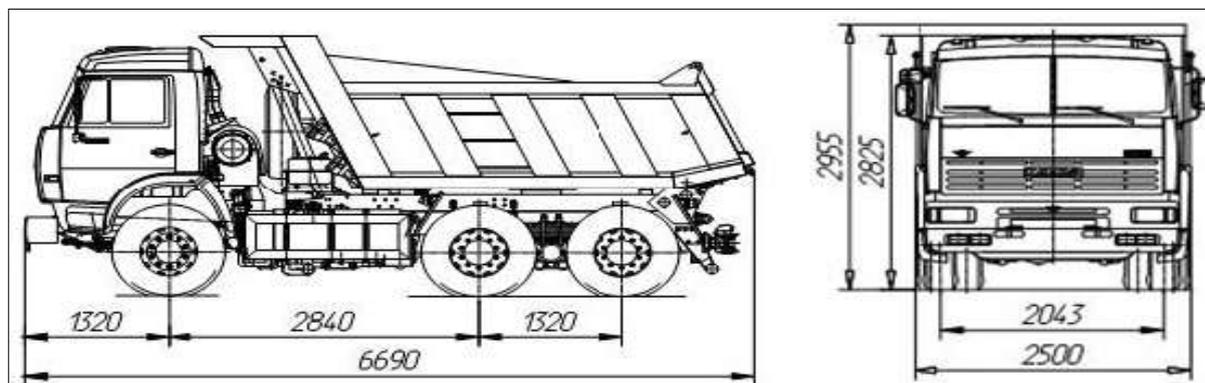


Рис. 1. Схема транспортного средства для расчёта ограждения безопасности

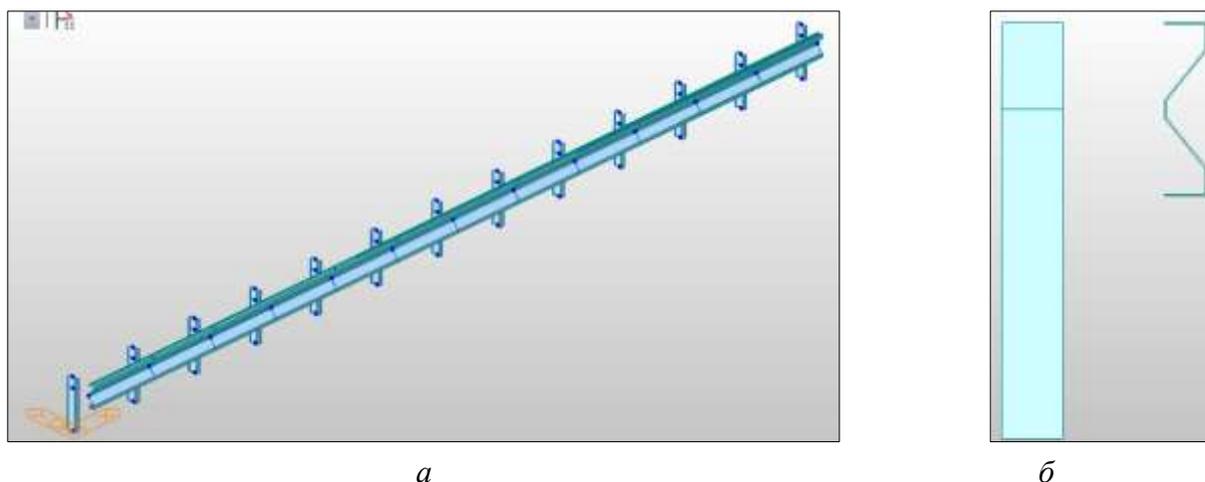


Рис. 2. Конечно-элементная модель барьерного ограждения безопасности:
а – общий вид; *б* – поперечное сечение

Деформированный вид ограждения при наезде принятого транспортного средства приведён на рис. 3. Максимальный прогиб составил 15 мм. Однако при назначении удерживающей способности такого ограждения безопасности не учитывается податливость стоек на ортотропной плите – жесткое закрепление может быть осуществлено только в створе с поперечными балками ортотропной плиты проезжей части. Стандартный шаг поперечных балок составляет, как правило, 3,5 м. В случае расстановки стоек из двутавра № 12 с шагом 3,5 м максимальный прогиб составит уже 28 мм, соответственно уменьшится и удерживающая способность. Увеличение сечения стоек до двутавра № 16 позволит уменьшить их деформацию при наезде принятого транспортного средства до 12 мм (рис. 4), что даже меньше, чем у исходной конструкции.

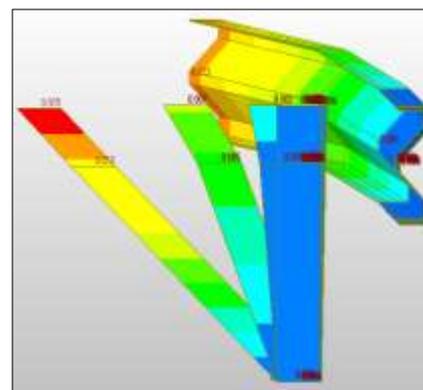
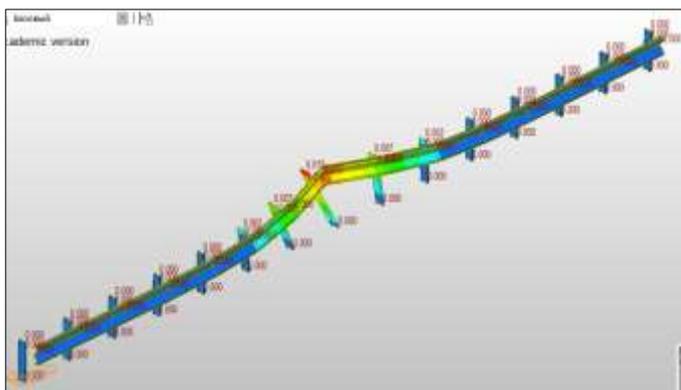


Рис. 3. Деформированный вид конструкции ограждения безопасности при шаге стоек 1 м

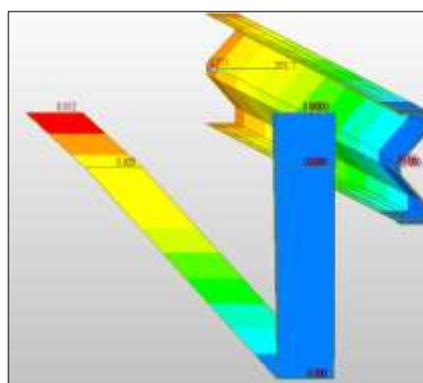
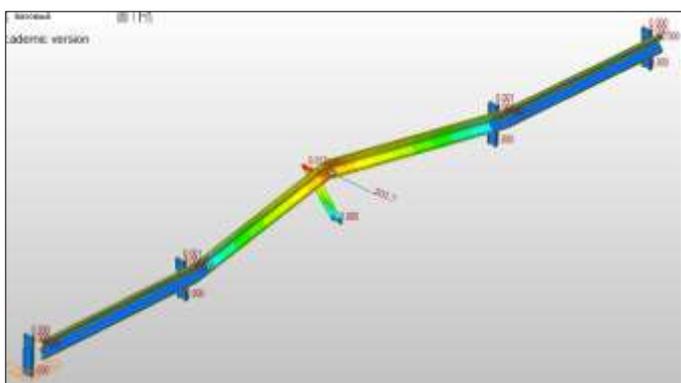


Рис. 4. Деформированный вид конструкции ограждения безопасности при шаге стоек 3,5 м

Таким образом, в первом приближении можно оценить изменение удерживающей способности ограждения безопасности по изменению упругого прогиба от наезда транспортного средства. В дальнейшем планируется провести исследования влияния различных конструктивных элементов ограждений безопасности, в т. ч. условий закрепления на конструкциях мостового сооружения, на их удерживающую способность с целью разработки рекомендаций по усилению устаревших конструкций.

Список источников

1. Рекомендации по применению ограждающих устройств на мостовых сооружениях автомобильных дорог. М.: Инфортавтодор, 2001. 81 с.
2. ГОСТ Р 52 289-2019. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. М.: Стандартинформ, 2020. 134 с.
3. Чертков Л. Т. Железобетонное ограждение парапетного типа / Л. Т. Чертков, А. Н. Солодунин, И. Д. Сахарова // Автомобильные дороги. 2008. № 2. С. 87–89.
4. Шестериков В. И. Исследование работоспособности барьерных ограждений мостовой группы // Автомобильные дороги. 2008. № 2. С. 92–95.
5. Шестериков В. И. Барьерные ограждения для мостовых сооружений // Дороги и мосты: сб. ст. РосдорНИИ. М., 2008. Вып. 20/2. С. 123–145.

2. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И ФОРМИРОВАНИЯ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ ПРОЖИВАНИЯ

УДК 338.462

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ОЦЕНКУ СТОИМОСТИ ИТ-КОМПАНИИ В УСЛОВИЯХ САНКЦИОННОГО ДАВЛЕНИЯ

А. А. Ахломов, аспирант;

Т. С. Мещерякова, канд. экон. наук, доцент

Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Аннотация. Важнейшими субъектами строительной отрасли являются ИТ-компании, которые обеспечивают цифровую трансформацию бизнес-процессов строительных организаций, создавая не только новую экосистему бизнеса и отдельных бизнес-единиц, но и условия функционирования отрасли в целом. В статье рассмотрены актуальные экономические и неэкономические факторы, оказывающие влияние на развитие ИТ-компаний и определяющие потенциал для роста стоимости бизнеса.

Ключевые слова: *ИТ-индустрия, ИТ-отрасль, ИТ-компании, цифровизация, программное обеспечение, санкционные ограничения, стоимость компании, стоимостной подход*

Ограничение импорта ИТ-услуг от зарубежных поставщиков, например, запрет на использование или поддержку ряда программных продуктов, таких как *AutoCAD, Revit, ArchiCAD*, программных комплексов для информационного моделирования (*BIM*) и других западных систем для проектирования и управления проектами, усложнил работу организаций инвестиционно-строительной сферы, а также замедлил скорость цифровизации и корректировку сроков реализации её этапов [1–3]. Приведённые программные продукты играют важную роль для создания архитектурных чертежей, планирования проектов и управления строительными процессами. Переход на отечественные программные продукты требует дополнительных затрат денежных средств и ресурсов, переобучение персонала и интеграцию новых решений, что в свою очередь, влияет на качество и эффективность процессов в организации, а также увеличивает стоимость проектов и сроки их реализации. Помимо этого, предприятиям инвестиционно-строительной сферы необходимо использовать высокотехнологичное оборудование и машины, которые часто зависят от ИТ-систем для управления и диагностики (например, системы автоматизации для кранов, буровых установок и другого оборудования).

Последние 10 лет российский ИТ-сектор стал одним из ключевых драйверов ведущих экономик мира, способствуя росту производительности и инноваций в различных отраслях. Информационные технологии не только стали важнейшим драйвером развития организаций и предприятий в различных сферах народного хозяйства, но и выделились в отдельную самостоятельную отрасль, всё чаще определяемую в качестве ИТ-индустрии экономики.

Несмотря на активное развитие ИТ-сектора, условия экономической нестабильности, в т. ч. определяемые возросшим санкционным давлением, значительным образом повлияли на целый ряд факторов, формирующих стоимостную оценку бизнеса ИТ-компаний. Российские компании сталкиваются с новыми вызовами, связанными с ограничениями, введёнными рядом зарубежных государств. Они не только усложнили доступ к международным рынкам и технологиям, но и изменили условия ведения бизнеса внутри страны. Оценка стоимости таких компаний в условиях санкционного давления становится сложной задачей, требующей учёта множества факторов, которые рассматриваются по источнику формирования как внешние и внутренние; а по объекту приложения или природе происхождения как: экономические (отражаются на инвестиционных возможностях компании) и неэкономические (отражаются на технологических возможностях) – по сути являющихся взаимообусловленными.

По данным сервиса СКБ Контур, с 01.01.2022 по 01.06.2024 количество ИТ-компаний выросло на 14 % с 190 062 до 216 993 [4]. Помимо количественных показателей, финансовые показатели ИТ-сектора также демонстрируют уверенный рост. Выручка ИТ-сектора выросла на 43 % и достигла уровня 5,5 трлн руб. по итогам 2023 г., а его доля в общей структуре ВВП России достигла 2 % [5].

Рассмотрим драйверы роста отечественного ИТ-сектора, которые позволили достигнуть значимых финансовых показателей субъектов хозяйствования. В укрупнённом виде можно выделить три основных внешних фактора:

- 1) меры господдержки, в первую очередь аккредитованных ИТ-компаний;
- 2) устойчивый тренд на импортозамещение, в первую очередь это касается организаций с государственным участием;
- 3) уход большого количество зарубежных компаний и поставщиков ИТ-решений с отечественного рынка.

Все эти факторы должны учитываться и при дальнейшем развитии ИТ-компаний, ориентированных на рост стоимости их бизнеса.

Оценку стоимости любого вида бизнеса в целом и компаний ИТ-отрасли в частности следует рассматривать, начиная с факторов макроэкономической среды, которая сформировалась в условиях нестабильности и санкционного давления: уровень инфляции, курс национальной валюты, доступность кредитных средств, законодательство.

На протяжении всего 2022 г. уровень инфляции держался в диапазоне от 10 до 16 % и в 2,5–4 раза превышал целевой уровень, установленный Банком России на уровне 4 %. Значение ключевой ставки, если не считать пиковых значений с февраля по май снижалось, что позволяло повысить доступность кредитных средств для организаций. Начиная с середины 2023 г., уровень инфляции имеет стабильный восходящий тренд, что, в свою очередь, влияет на стоимостную оценку издержек [6]. Структура издержек может отличаться в зависимости от специализации компаний в ИТ-секторе, а умение менеджмента компаний управлять издержками в среднесрочной перспективе влияет на устойчивость деятельности организаций и в конечном счете определяет стоимость бизнеса.

Ещё одним фактором внешней среды, который приобрёл значимость в текущих условиях, стали ограничения международных рынков, что относится к импорту ИТ-продукции и услуг, таких как различное оборудование, программное обеспечение. Усложняется проведение платежей, нарушаются цепочки поставок, сокращается география доступных рынков для экспорта услуг.

Вследствие растущего санкционного давления существенно ограничен импорт ИТ-продукции и услуг, также влияющие на инвестиционно-строительную сферу. Например, полностью прекратили продажу лицензий и предоставление своих продуктов в России крупные западные разработчики, такие как *Microsoft*, *Oracle*, *SAP*, *Adobe* и др. Полностью прекращено предоставление облачных услуг, например: *Amazon Web Services (AWS)*, *Microsoft Azure* и *Google Cloud*, что затрудняет хранение данных и использование облачной инфраструктуры российскими компаниями. Под санкции также попал широкий спектр оборудования, включая серверы, системы хранения данных, сетевые устройства и процессоры. Помимо этого, запрещён или существенно ограничен доступ к зарубежным сервисам и платформам для разработки программного обеспечения (ПО) и управления проектами, услугам центров обработки данных и консалтингу.

Рассматривая экспорт ИТ-услуг, например, программного обеспечения, экспертами отмечается, что доступность международных рынков сбыта для ИТ-продукции значительно сократилась: доля экспорта у поставщиков российского ПО снизилась почти на 60 % за последние 5 лет. Динамика показателя представлена на рис. 1 [7].

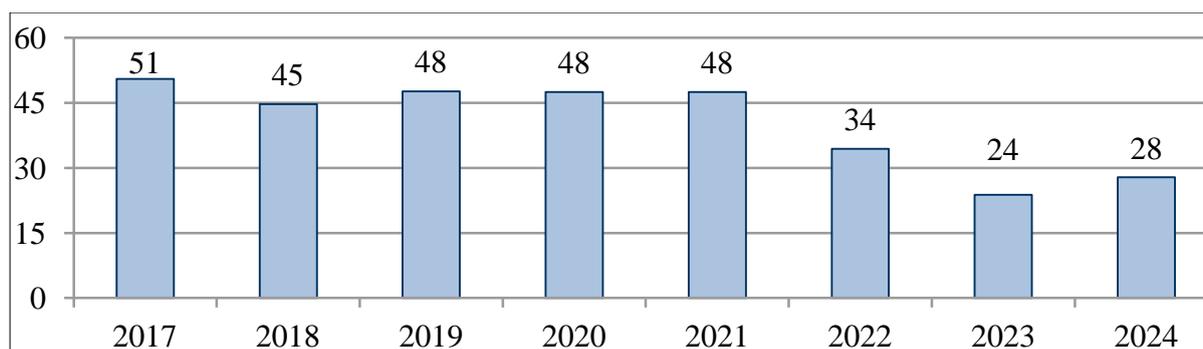


Рис. 1. Доля экспорта в объёме продаж российского ПО (%) [7]

Перечисленные факторы значительно влияют на возможности компаний отечественного ИТ-сектора, а следовательно, отражаются на стоимости бизнеса.

Ограничение экспорта ведёт к снижению возможности ведения международной деятельности, получения новых рынков сбыта и ограничивает денежный поток от основного вида деятельности, что следует учесть в оценке стоимости компаний и ее финансовых показателей. При этом поиск новых рынков также означает увеличение затрат на маркетинг, правовую поддержку, увеличение стоимости и времени на проведение платежей и т. п.

Ограничения импорта ПО и оборудования, доступа к платформам и сервисам ведут к необходимости дополнительных затрат на закупку отечественного программного обеспечения и оборудования, а также росту издержек в виду необходимости внедрения и перестроения бизнес-процессов, увеличивая их продолжительность и сложность.

Согласно сведениям аудиторско-консалтинговой сети *FinExpertiza* российские крупные и средние предприятия в 2023 г. потратили на создание и приобретение программного обеспечения 329 млрд руб., что на 6 %, или 18,6 млрд руб., больше чем годом ранее – это рекордное значение за всю историю статистического наблюдения. За последние 6 лет годовые корпоративные затраты на ПО в России увеличились практически в 3 раза. Если брать во внимание более длительный период времени, то начиная с 2018 г., траты на программное обеспечение демонстрируют непрерывный рост. Но если в 2023 г. затраты бизнеса увеличились 6 % за год, то годом ранее, в период ускоренного импортозамещения, расходы на софт выросли на 13,2 %. Таким образом, темп роста в 2023 г. снизился более чем в 2 раза по сравнению с предыдущим периодом [8].

Таким образом, изменение структуры финансовых потоков операционной деятельности оказывает влияние как на оценку текущей стоимости бизнеса в ИТ-секторе, так и её изменение в среднесрочной перспективе.

Ещё одними значимыми факторами, влияющими на оценку стоимости бизнеса в текущих экономических и политических условиях, являются и другие ресурсные ограничения, которые связаны не только с ПО и производными, но и с интеллектуальными ресурсами (интеллектуальной собственностью и человеческими ресурсами). Важность кадрового капитала отмечается всеми руководителями ИТ-компаний.

В настоящее время возросшая роль интеллектуальной собственности при разработке программного обеспечения становится ключевым активом организации, в виде программного обеспечения средства производства (например, среда разработки, ведение проектов и т. п.) или продукции производства. Как следствие, в организации появляется необходимость создания и обеспечения процессов защиты интеллектуальной собственности, защиты авторских прав на программные продукты, разработки патентов на различные ноу-хау и уникальные компоненты ИТ-решений. Интеллектуальная собственность становится важнейшим компонентом в оценке

стоимости компании, влияет на долгосрочные финансовые потоки от операционной деятельности, при этом требует значимого уровня расходов на её защиту.

С проблемой интеллектуальной собственности тесно связана проблема привлечения и удержания высококвалифицированных специалистов в условиях санкций. В отечественном ИТ-секторе ситуация с кадровым потенциалом особенно острая. Несмотря на широкие меры господдержки, стране не хватает по разным оценкам от 500–700 тыс. (по данным Минцифры РФ) до 1 млн чел. в ИТ-секторе (по данным АНО «Цифровая экономика») [9]. Потребность в квалифицированных работниках в ИТ-секторе к началу 2014 г. выросла на 81 % (по данным сервиса «Авито Работа»); спрос на высококвалифицированных специалистов вырос на 18 % (по данным компании VK).

Острая нехватка ИТ-специалистов спровоцировала значительный рост заработных плат для сотрудников. Помимо этого, по мнению экспертов значительно выросла роль таких факторов, как высокое качество товаров и услуг и сила бренда, профессиональная среда и возможности для личностного роста компании-работодателя [10].

Таким образом, с точки зрения влияния на стоимость организации, необходимо обратить внимание на возможности ИТ-компании привлекать сотрудников для создания продуктов и услуг, обеспечивая значительные расходы на оплату их труда и иных видов компенсации, а также факторы деловой репутации компании и её бренда среди потенциальных соискателей. Эти факторы в значительной степени влияют на прямые расходы на персонал, а также на расходы, связанные с построением эффективного процесса найма, обучения, удержания сотрудников, создания условий для развития ключевых навыков, стимулирования их профессионального роста. В условиях дефицита сотрудников важную роль приобретает организация труда высококвалифицированных сотрудников и такое построение бизнес-процессов организации, которое будет увеличивать их производительность.

Проведённое кабинетное исследование по массиву качественных и количественных данных органов власти, Росстата, экспертных и профессиональных изданий позволяет сделать вывод, что шансы обеспечить защиту и рост стоимости бизнеса имеют организации ИТ-сектора, которые успешнее других способны адаптироваться в условиях неблагоприятных макроэкономических факторов, выстраивать процессы ведения внешнеэкономической деятельности на доступных географических рынках, сокращать зависимость от импорта ИТ-продукции, обеспечивать создание и необходимый уровень защиты объектов интеллектуальной собственности, а также уделяют значительное внимание ресурсам на защиту и развитие интеллектуального капитала, обеспечивая непрерывное развитие деловой репутации организации среди существующих и потенциальных потребителей.

Список источников

1. Санкции против России. URL: kommersant.ru/doc/6762445.
2. В России официально запретили AutoCAD. Пиратить тоже нельзя. URL: cnews.ru/news/top/2024-03-23_v_rossii_ofitsialno_zapretili.
3. Как санкции повлияют на цифровизацию строительной отрасли. URL: rcmm.ru/novosti/56502-kak-sankcii-povlijajut-na-cifrovizaciju-stroitelnoj-otrasli.html.
4. Где в России самые цифровые регионы. URL: kontur.ru/press/news/51713-gde_v_rossii_samy_e_cifrovy_e_regiony.
5. Выручка ИТ-компаний в России выросла на 43 %. URL: digital.gov.ru/ru/events/50059.
6. Ключевая ставка Банка России и инфляция. URL: cbr.ru/hd_base/infl.
7. 21-е ежегодное исследование. Индустрия программного обеспечения в России. URL: russoft.org/wp-content/uploads/2024/08/Research_rus.pdf.
8. Бизнес не видит серьезных причин для отказа от импортного софта. URL: eg-online.ru/article/487938.
9. Дефицит ИТ-специалистов в РФ может достигнуть 1 млн чел. URL: rg.ru/2024/05/27/deficit-it-specialistov-v-rf-mozhet-dostignut-1-mln-chelovek.html.
10. Как компании преодолевают дефицит ИТ-кадров. URL: rbc.ru/industries/news/66143d1e9a79470b59f7b537.

РЕКОНСТРУКЦИЯ И МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Т. Р. Баженова, старший преподаватель;

А. А. Хакимова, студент

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Чайковский филиал, Чайковский, Россия*

Аннотация. В данной статье рассмотрены ключевые проблемы, с которыми сталкиваются промышленные объекты при модернизации, проанализируем существующие методы реконструкции и модернизации, а также представим успешные примеры из практики.

Ключевые слова: *промышленные объекты, модернизация, реконструкция, экономическая эффективность*

Промышленные объекты занимают важное место в структуре экономики любой страны, обеспечивая производственные процессы и создание рабочих мест. В условиях стремительного технологического прогресса и жёсткой конкурентной среды необходимость реконструкции и модернизации старых промышленных объектов становится всё более актуальной. В России значительная часть таких объектов была построена в советский период и не соответствует современным требованиям ни по техническому состоянию, ни по экологическим нормам. Этот факт обуславливает необходимость глубокого анализа состояния промышленных объектов, разработки стратегий их реконструкции и применения современных технологий, способствующих увеличению их эффективности.

Согласно данным Росстата, более 40 % промышленных объектов в России были построены более 30 лет назад. Этот показатель указывает на необходимость проведения комплексной модернизации, т. к. моральное и физическое устаревание конструкций создаёт риски не только для эффективной работы предприятий, но и для безопасности работников. Более 25 % объектов находятся в аварийном состоянии, что вызывает беспокойство у регуляторов и потенциальных инвесторов. В 2023 г. в Минпромторге России было озвучено, что уровень износа основных производственных фондов в некоторых отраслях превышает 70 %. Это подтверждает необходимость системного подхода к оценке состояния инфраструктуры и разработки программ по её обновлению [1].

Среди наиболее актуальных проблем старых промышленных объектов можно выделить несколько ключевых аспектов.

1. Физический износ конструкций. По данным анализа состояния зданий, проведённого НИИ строительно-технической экспертизы, около 30 % промышленных зданий требуют капитального ремонта, а 15 % нахо-

дятся в аварийном состоянии. Деформации и трещины в несущих конструкциях могут привести к катастрофическим последствиям, если не будет принят ряд мер по их восстановлению. Долговременная эксплуатация без должного обслуживания приводит к значительному сокращению ресурса зданий [2].

2. Несоответствие современным стандартам безопасности. Устаревшие объекты часто не соответствуют требованиям по охране труда, пожарной безопасности и экологии. Например, в соответствии с новыми нормами, здания должны быть оборудованы современными системами противопожарной защиты, которые требуют значительных затрат на модернизацию.

3. Низкая энергоэффективность. Устаревшие системы отопления и недостаточная теплоизоляция приводят к значительным потерям энергии. По оценкам экспертов, износ систем отопления может достигать 50 %, что способствует увеличению эксплуатационных расходов на 20–30 %. Современные технологии, такие как автоматизированные системы управления энергопотреблением, могут значительно снизить затраты на энергоресурсы [2].

Реконструкция и модернизация промышленных объектов необходимы для достижения следующих целей.

1. Повышение безопасности. Устранение угроз, связанных с физическим износом конструкций и несоответствием стандартам безопасности, является приоритетной задачей для обеспечения безопасности работников и предотвращения аварий.

2. Увеличение производительности. Внедрение современных технологий и оборудования может повысить производительность труда на 20–40 %. Например, применение автоматизированных линий в производственных процессах позволяет сократить время на выполнение операций и снизить количество бракованных изделий.

3. Снижение эксплуатационных расходов. Модернизация объектов с применением энергоэффективных технологий может привести к сокращению затрат на 30–50 %, что делает проекты по реконструкции более привлекательными для инвесторов [3].

Использование современных экологически чистых технологий и материалов в процессе реконструкции способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду. Например, переход на альтернативные источники энергии, такие как солнечные панели и ветряные установки, может обзор современных методов и технологий [4].

Реконструкция и модернизация промышленных объектов включают несколько методов.

1. Капитальный ремонт – полное обновление конструкций, замена инженерных систем и модернизация фасадов. Капитальный ремонт требует значительных финансовых вложений, но, как показывает практика, экономия на эксплуатационных расходах в долгосрочной перспективе оправдывает эти затраты.

2. Нестандартные решения – использование временных конструкций и модульных решений позволяет минимизировать время простоя производственных мощностей и быстро адаптироваться к новым условиям. Например, применение сэндвич-панелей для строительства временных производственных помещений становится всё более популярным.

3. Инновационные технологии – внедрение новых строительных материалов, таких как композиты, а также использование современных технологий, таких как 3D-печать для создания строительных элементов, значительно ускоряет процесс реконструкции. Исследования показывают, что применение 3D-печати может сократить время строительства на 30–50 %.

4. BIM-технологии – использование информационного моделирования зданий (*Building Information Modeling, BIM*) для анализа и планирования реконструкции позволяет сократить затраты и время на реализацию проектов, улучшая визуализацию и планирование. Применение BIM-технологий позволяет повысить точность проектирования и снизить количество ошибок, что, в свою очередь, приводит к уменьшению затрат [4].

Приведём примеры успешных проектов реконструкции в России и за рубежом.

1. Реконструкция завода «Кировец». В Санкт-Петербурге была проведена полная модернизация завода, что позволило увеличить производительность на 30 % и сократить затраты на 15 %. Были внедрены системы автоматизации и новые технологии теплоизоляции, что позволило значительно снизить потребление энергии.

2. Реконструкция завода *Ford* в США. В результате был создан современный инновационный центр, который использует новейшие технологии и стал более устойчивым с точки зрения экологии. *Ford* внедрил системы автоматизации, что позволило снизить временные затраты на производственные процессы и улучшить качество продукции. Также в проекте акцентировалось внимание на устойчивом развитии, включая переработку отходов и использование возобновляемых источников энергии. Например, завод теперь использует солнечные панели, которые обеспечивают до 30 % потребляемой электроэнергии, что значительно снижает углеродный след компании.

Одним из ярких примеров успешной реконструкции является проект модернизации Завода им. И. А. Лихачёва (ЗИЛ) в Москве. В рамках этого проекта были выполнены следующие мероприятия.

1. Замена старого оборудования. Внедрение современного автоматизированного оборудования позволило существенно увеличить производительность. Современные линии по производству автомобилей заменили устаревшие конвейеры, что привело к росту выпуска продукции на 40 % в течение 1-го года после завершения модернизации.

2. Обновление инженерных систем. Установлены новые системы вентиляции и отопления, что улучшило условия труда. Внедрение систем

контроля микроклимата в производственных помещениях значительно снизило количество заболеваний среди рабочих.

3. Устойчивое развитие. Проект включал использование экологически чистых материалов и технологий, что способствовало снижению вредных выбросов. На заводе были установлены системы очистки выбросов, что позволило сократить уровень загрязнения на 60 %.

В проекте модернизации ЗИЛ использованы следующие технологии.

1. Системы автоматизации – внедрение SCADA-систем для мониторинга и управления производственными процессами. Это позволило сократить время простоя оборудования на 20 % и повысить общую эффективность производственных процессов.

2. Энергоэффективные системы – установка высокоэффективных котлов и насосов, которые позволяют значительно сократить потребление энергии. Эти меры помогли снизить затраты на энергоносители на 25 %, что улучшило финансовые показатели предприятия. Технологии очистки: Внедрение систем очистки сточных вод и фильтров для снижения уровня загрязнения. Это также позволяет минимизировать штрафные санкции со стороны экологических служб, что делает проект более экономически оправданным.

Реконструкция ЗИЛ не только повысила производительность, но и улучшила условия труда для работников, что снизило текучесть кадров и повысило уровень мотивации. Проект стал примером для других предприятий, стремящихся к модернизации. Результаты показали, что инвестиции в реконструкцию приносят экономическую отдачу в течение 3–4 лет, что является весьма привлекательным для инвесторов и руководителей предприятий [5].

Сравнительный анализ показывает, что реконструкция промышленных объектов является более экономически целесообразной по сравнению с новыми строительствами. Например, в случае завода «Кировец» экономия затрат на эксплуатацию позволила вернуть инвестиции в рекордно короткие сроки – менее 3 лет. Кроме того, реконструкция позволяет значительно сократить временные затраты на проектирование и строительство, что в условиях быстроменяющегося рынка является важным фактором.

Реконструкция объектов позитивно влияет на экологическую ситуацию следующим образом.

1. Снижение выбросов – модернизация позволяет снизить выбросы вредных веществ в атмосферу, что способствует улучшению качества воздуха. Примеры показывают, что внедрение современных технологий очистки позволяет сократить выбросы на 50–70 %.

2. Использование экологически чистых технологий – современные системы очистки и переработки отходов помогают минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. На многих предприятиях внедрены программы по утилизации отходов и переходу на безотходные технологии.

Реконструкция и модернизация промышленных объектов – важные процессы для обеспечения безопасности, повышения производительности и улучшения экологической ситуации. Анализ текущего состояния объектов в России показывает необходимость срочных мер по обновлению инфраструктуры. Применение современных методов и технологий реконструкции позволяет не только улучшить техническое состояние объектов, но и значительно снизить эксплуатационные расходы и углеродный след. Успешные примеры, такие как модернизация ЗИЛ и заводов *Ford*, демонстрируют эффективность инвестиционных вложений в реконструкцию.

Важность комплексного подхода к реконструкции промышленных объектов также подтверждается экономическими расчетами, показывающими быструю окупаемость инвестиций. Более того, необходимость адаптации к новым экологическим стандартам и требованиям безопасности делает этот процесс не просто желательным, а жизненно необходимым для сохранения конкурентоспособности на глобальном рынке. В дальнейшем следует продолжать исследования в данной области и развивать программы поддержки модернизации, что станет залогом устойчивого развития промышленности в России.

Список источников

1. Состояние основных фондов и их износ: стат. сб. URL: rosstat.gov.ru.
2. Отчёт о состоянии промышленности в России. URL: minpromtorg.gov.ru.
3. Анализ состояния зданий и сооружений. URL: nii-ekspertiza.ru.
4. Неверов А. В. Технологии 3D-печати в строительстве // Строительство и технологии. 2022. № 4. С. 12–20.
5. Кузнецов И. А. Энергетическая эффективность промышленных объектов: современные подходы // Энергетика и экология. 2023. № 1. С. 34–42.

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ НА ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ НЕДВИЖИМОСТЬЮ

Б. М. Бедин, канд. экон. наук, доцент

Байкальский государственный университет, Иркутск, Россия

Аннотация. Обосновывается актуальность темы исследования, рассматриваются основные направления внедрения цифровых технологий в деятельность на рынке недвижимости, выявлены основные эффекты от внедрения цифровых инструментов в сферу недвижимости.

Ключевые слова: *цифровизация, управление недвижимостью, рынок недвижимости, цифровая трансформация экономики, цифровые инструменты в сфере недвижимости*

Развитие цифровых технологий знаменует начало новой эры в сфере недвижимости. Несмотря на то, что по сравнению с другими секторами, такими как финансовые услуги, торговля, образование, на рынке недвижимости процесс цифровизации идёт не так быстро [1] и сопряжён с рядом трудностей, его влияние уже существенно и со временем будет только расти.

Своеобразным стимулом к переходу многих компаний в режим работы онлайн явилась пандемия коронавируса. Сектор недвижимости здесь не является исключением и перед ним встает необходимость существенного изменения подходов к ведению бизнеса. Внедрение цифровых технологий может способствовать повышению эффективности и увеличению доходности.

Цифровизация широко охватывает различные сферы жизни, поэтому агенты по недвижимости, управляющие, продавцы, покупатели, арендаторы и арендодатели готовы к применению цифровых инструментов, что позволяет оптимизировать большое количество процессов в сфере недвижимости. Развитие коммуникаций позволяет наладить взаимодействие клиентов с собственниками объектов недвижимости, как в формате личного общения, так и в формате заключения сделок, даже если они располагаются в разных городах, регионах или даже странах.

Рынок недвижимости характеризуется большим оборотом денежных средств, а также относительной сложностью совершения сделок. Это делает его объектом пристального внимания как государственных органов, так и отдельных элементов криминальной части нашего общества. Перевод финансовых потоков и документооборота в электронный формат позволяет повысить безопасность совершения сделок, сократить возможности для мошеннических действий и действий, незаконного предпринимательства, уклонения от уплаты налогов.

Девелоперские компании, а также агентства недвижимости развивают инструменты цифрового маркетинга, поскольку всё больше потребителей ищут информацию и товары в интернете, стремятся к достижению максимального уровня комфортного взаимодействия. Для сохранения конкурентоспособности нужно находиться в среде, в которой находятся потенциальные клиенты.

Существенную роль в цифровой трансформации имели ограничения, связанные с пандемией. Так, личные встречи в целях безопасности были ограничены, и компаниям нужно было использовать новые методы взаимодействия с клиентами и контрагентами. Получили распространение видеообзоры, виртуальные туры, которые позволили получать всеобъемлющую информацию и даже совершать сделки в режиме онлайн. Возросла необходимость цифровых сервисов, особенно в области электронной регистрации прав на недвижимость [2]. Такие инновации сделали процесс выбора недвижимости более удобным и менее трудозатратным.

На сегодняшний день всё большую популярность набирают онлайн-площадки для покупки недвижимости [3]. Так, работает большое количество сайтов и мобильных приложений, представляющие собой каталоги недвижимости, в которых можно оперативно и просто найти сведения о предлагаемых к продаже и аренде объектах недвижимости. Такие бренды как «Авито», «Циан», «Домклик» уже стали нарицательными и из рекламных порталов превратились в многофункциональные инструменты, позволяющие наладить коммуникацию между сторонами сделки и облегчить процесс её совершения. Социальные сети и традиционные мессенджеры также активно используются во взаимодействии.

Система ранжирования вариантов, применяемая в агрегаторах недвижимости, позволяет облегчить процедуру выбора подходящего объекта без необходимости перебора большого количества предложений. Благодаря цифровым инструментам имеется возможность задать приоритетные признаки выбора подходящего предложения и существенно сократить время подбора.

Повышение эффективности риелторского бизнеса происходит за счёт, во-первых, улучшения управленческих функций. Так, имеется возможность оптимизировать процессы взаимодействия с клиентами с помощью сайтов и специализированного программного обеспечения за счет организации ряда предварительных процедур, например, заполнения онлайн-форм, предоставления копий документов, финансовой информации и т. п.

Во-вторых, эффективность повышается за счёт интеграции технологий дополненной и виртуальной реальности. Клиент получает всестороннюю информацию об объекте, что позволяет свести к минимуму количество выездов агента для показов, а иногда, обойтись вовсе без них.

Использование цифровых технологий делает процесс приобретения недвижимости более гибким и удобным для арендаторов и покупателей. Виртуальные туры позволяют детально увидеть экстерьер и интерьер объ-

екта, включая внутренние помещения, их планировку, а также изучить уровень отделки, встроенную мебель и технику, не покидая при этом своего кресла. Более того, программное обеспечение для виртуальной реальности (*VR*) позволяет осмотреть окружающую территорию, места общего пользования, оценить вид из окон и т.п. Всё это облегчает процесс выбора, позволяя сразу отсеять неподходящие варианты и выехать для детального осмотра только на объекты, которые устраивают покупателя или арендатора.

Подготовка и проверка документов, необходимых для совершения сделки, ранее требовала большого количества времени. При подготовке документов сознательно либо несознательно могли быть допущены ошибки, из-за чего они могли быть признаны недействительными. Сегодня благодаря развитию цифровых технологий работа по согласованию и оформлению документации многократно упростилась. Агрегаторы недвижимости управляют каждым шагом, начиная с внесения информации, необходимой для полноценной работы в портале, и заканчивая документами, связанными с объектом, с платежами и т. д. Всё это повышает безопасность сделки, поскольку можно проверить учётные данные в государственных органах. Стороны сделки получают прозрачное ценообразование, законные платежи и минимизацию возможностей мошенничества.

Цифровые технологии, в частности такие как «Интернет вещей», меняют процессы проектирования, строительства и управления недвижимостью. Множество областей применения эта технология обрела в системах интеллектуального учёта и автоматизации зданий [4].

Например, «умные счётчики» позволяют передавать показания, а также информацию о состоянии оборудования, сбоях в его работе в ресурсоснабжающие организации без участия собственников недвижимости. Помимо сокращения потерь ресурсов, таких как электрическая и тепловая энергия, вода, установка таких счетчиков экономит время собственников недвижимости. Системы видеонаблюдения, «умного дома», «умные замки» позволяют управлять жилыми и коммерческими помещениями удалённо в режиме реального времени, также повышается безопасность жильцов либо посетителей объекта.

Таким образом, цифровизация расширяет возможности управления недвижимостью. Собственникам недвижимости не нужно принимать личное участие во многих процессах деятельности, например, в поиске арендаторов, заключении договоров с ними, техобслуживании, ремонте. Все эти операции сейчас возможно осуществить онлайн.

Разработка и внедрение технологий бизнес-информационного моделирования (*BIM*) в сферу недвижимости даёт возможность автоматизации задач, которые прежде выполнялись вручную, что позволяет увеличить эффективность деятельности предприятия. *BIM*-технологии позволяют комплексно управлять операциями, начиная от проектирования и строительства здания, заканчивая рационализацией использования пространства и регулирования степени загрузки объекта.

Специалисты, работающие с недвижимостью, всё чаще начинают использовать искусственный интеллект (далее – ИИ). Он позволяет анализировать большие массивы данных, соответственно, выявлять рыночные тенденции, что может быть использовано в разработке стратегий по повышению доходности деятельности.

Сейчас смартфон – жизненный атрибут практически каждого человека, поэтому пристальное внимание уделяется разработке мобильных приложений, связанных с недвижимостью. Такие приложения дают пользователям доступ к информации о собственности, к необходимым документам и инструментам независимо от расположения объекта и времени суток, что особенно удобно для собственников имущества, расположенного удаленно от них.

Успешность бизнеса в существенной степени зависит от выявления потенциальных клиентов, анализа их предпочтений и поведения. Инструменты, позволяющие сделать это, сейчас являются не просто факторами, повышающими удобство работы, но и необходимым условием для эффективной работы.

Одной из ключевых технологий, активно внедряемых в процесс управления недвижимостью, является ИИ [5]. Так, в качестве фактора, позволяющего компаниям получить конкурентное преимущество, можно выделить применение предиктивной аналитики и ИИ. Те же из них, кто отказывается инвестировать в передовые аналитические инструменты, могут безнадежно отстать от своих более продвинутых конкурентов.

Таким образом, внедрение цифровых инструментов преобразует деятельность в сфере недвижимости. К таким инструментам можно отнести: онлайн-поиск объектов, взаимодействие посредством социальных сетей и мессенджеров, виртуальные туры, цифровой документооборот, дистанционное совершение сделок, использование ИИ для анализа данных, разработка и внедрение мобильных приложений. В табл. 1 представлены основные цифровые инструменты, используемые в сфере недвижимости и эффекты от их применения.

Традиционные способы ведения бизнеса в секторе недвижимости ещё долго будут оставаться актуальными, однако, развитие отрасли нельзя представить без глубокой интеграции цифровых технологий. Для обеспечения конкурентоспособности, компаниям нужно не только следовать текущим тенденциям, но и внедрять цифровые инновации, поскольку в эпоху цифровой экономики готовность к нововведениям и стремление к инновационному развитию являются ключевыми факторами успеха.

**Основные эффекты от использования цифровых инструментов
в сфере недвижимости**

Цифровые инструменты	Эффект от использования инструмента
Онлайн-поиск объектов недвижимости	Минимизация времени на выбор подходящего объекта за счёт удобных фильтров на агрегаторах недвижимости
Взаимодействие через социальные сети и мессенджеры	Сокращение времени на взаимодействие между сторонами сделки, агентами, клиентами, контрагентами, возможность организации переговоров при отдалённом расположении сторон
Виртуальные туры и туры дополненной реальности	Экономия времени и повышение удобства (как для сторон сделки, так и для посредников) при выборе объекта за счёт отсутствия необходимости личного его посещения, организации показа
«Посреднические» функции агрегаторов недвижимости	Возможность прямого взаимодействия сторон сделки и её оформления через агрегатор недвижимости (экономия времени и сокращение транзакционных издержек)
Цифровизация документооборота	Сокращение времени на подготовку документов, минимизация ошибок и возможность их оперативного исправления, возможность дистанционного согласования документов и оформления сделок
Использование систем «умного дома» в управлении недвижимостью	Экономия времени на взаимодействие с коммунальными организациями и экономия потребления ресурсов за счёт использования «умных счётчиков», возможность постоянного удалённого мониторинга за объектами недвижимости, дистанционного заселения и выселения арендаторов, дистанционного показа объектов
Использование бизнес-информационных технологий и ИИ	Комплексное управление объектом недвижимости на всех этапах жизненного цикла. Аналитика на базе ИИ позволяет выявить рыночные тенденции, разработать эффективную стратегию развития, контролировать расходы, повышать доходность инвестиций и минимизировать риски
Мобильные приложения	Удобный доступ к цифровым инструментам практически в любой точке времени и пространства

Список источников

1. Чурилова В. Р. Сервис и цифровизация в сфере недвижимости // Вестник Ассоциации вузов туризма и сервиса. 2020. № 2-2. URL: cyberleninka.ru/article/n/servis-i-tsifrovizatsiya-v-sfere-nedvizhimosti.

2. Балгутите И. В. Правовое регулирование оборота недвижимого имущества в условиях цифровизации российской экономики // Legal Concept. 2021. № 1. URL: cyberleninka.ru/article/n/pravovoe-regulirovanie-oborota-nedvizhimogo-imuschestva-v-usloviyah-tsifrovizatsii-rossiyskoy-ekonomiki.

3. Глубокая В. И. Процесс цифровизации рынка недвижимости в РФ / В. И. Глубокая, Н. А. Куцева // Шаг в науку. 2022. № 2. URL: cyberleninka.ru/article/n/protsess-tsifrovizatsii-rynka-nedvizhnosti-v-rossiyskoy-federatsii.

4. Макарова Е. Е. Повышение эффективности управления недвижимостью в условиях цифровой экономики // НК. 2019. № 5. URL: cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-upravleniya-nedvizhimostyu-v-usloviyah-tsifrovoy-ekonomiki.

5. Дорожилова Е. С. Влияние цифровых технологий на управление недвижимостью: экономический анализ и перспективы развития // Холодная наука. 2024. № 6. URL: cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tsifrovyyh-tehnologiy-na-upravlenie-nedvizhimostyu-ekonomicheskiy-analiz-i-perspektivy-razvitiya.

КАЧЕСТВО ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ РОССИЙСКИХ ГОРОДОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Н. Г. Верстина, д-р экон. наук, профессор;

Н. Н. Щепкина, канд. экон. наук, доцент;

В. С. Цура, аспирант

Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Аннотация. В данном исследовании авторы сосредоточили своё внимание на качестве городской среды городов России как на одном из приоритетных направлений государственной политики в сфере обеспечения комфортных и безопасных условий для жизни населения страны. Цель исследования состоит в изучении зависимости качества городской среды от демографической характеристики города. В качестве основных показателей, используемых для установления зависимости качества городской среды от демографической характеристики города, определены: индекс качества городской среды и показатель численности населения города. Применение метода корреляционного анализа позволило определить коэффициенты корреляции в размерных группах городов, формируемых в зависимости от численности населения. В результате выявлено, что во всех размерных группах городов России полученные корреляционные зависимости численности населения и достигнутых значений индекса качества городской среды оказались положительными, но вместе с тем достаточно разобщёнными.

Ключевые слова: индекс качества городской среды, город, численность населения, группа, демографическая характеристика

В России насчитывается более 1 100 городов, отличающихся друг от друга по территориальному расположению, количеству проживающих жителей, финансовому благополучию, городской архитектуре, истории и культурным традициям, в которых проживает более 75 % населения страны.

Современная государственная политика развития городов направлена на разработку комплекса системных мер по формированию их жилищной, транспортной, социальной и коммунальной инфраструктуры, обеспечивающей комфортную и безопасную среду для жизни населения. Становление отдельной территории, начиная от небольшого населённого пункта, и заканчивая крупнейшим городом, в соответствии с данными направлениями приводит к повышению качества городской среды и жизни населения. На реализацию указанных направлений ориентирован целый ряд важнейших государственных документов. Так, в соответствии с Указом Президента РФ № 309 от 07.05.2024 «О национальных целях развития РФ на период до 2030 г. и на перспективу до 2036 г.» [1] одной из приоритетных целей развития страны на период до 2030 г. значится обеспечение комфортной и безопасной среды для жизни. Указанная цель отражена в новом национальном проекте «Инфраструктура для жизни» [2], плани-

руемом к реализации с 2025 г. и предусматривающем обновление жилищного фонда не менее чем на 20 % к 2030 г. по сравнению с 2019 г., благоустройство не менее чем 30 тыс. общественных территорий к 2030 г., обновление не менее 85 % федеральных автодорог и не менее 60 % – региональных и муниципальных.

Ввиду этого в проведённом исследовании авторы сосредоточили свое внимание на качестве городской среды городов России как на одном из приоритетных направлений государственной политики в сфере обеспечения комфортных и безопасных условий для жизни населения страны.

Проведённый анализ научной литературы показал, что вопросы качества городской среды на протяжении нескольких лет с различных позиций изучаются отечественными учёными. Так, работы Ю. Д. Корюковой, Л. В. Дайнеко [3] посвящены конкретизации направлений развития городской среды городов России [3]. Авторы Е. Ю. Полякова, Н. И. Ляхова, О. А. Новикова [4] в своих работах отображают методологические аспекты оценки качества городской среды. Исследования В. Н. Пуляева, И. А. Иванова [5] затрагивают вопросы повышения качества городской среды на региональном уровне. Вместе с тем недостаточно исследованным в экономической литературе остаётся вопрос зависимости качества городской среды от демографической характеристики города, что вызывает интерес в рамках данного исследования и обуславливает выбор темы исследования, его цель и задачи.

Предметной областью исследования являются процессы изменения качества городской среды России. Цель работы состоит в исследовании зависимости качества городской среды от демографической характеристики города.

Для достижения поставленной цели сформулированы несколько логически взаимосвязанных задач: определить показатели, позволяющие исследовать зависимость качества городской среды от демографической характеристики города; установить зависимости качества городской среды от демографических характеристик города; определить типы зависимостей качества городской среды от демографических характеристик города.

Решение указанных задач осуществлялось в рамках трёх последовательных этапов. 1-й этап направлен на изучение информационных источников, позволяющих определить основные показатели, применяемые для исследования зависимости качества городской среды от демографической характеристики города: показатель, оценивающий качество городской среды; показатель демографической характеристики города. 2-й этап предполагает расчёт показателей корреляционной зависимости и их графическую интерпретацию. 3-й этап ориентирован на обобщение полученных результатов в ходе реализации первых двух этапов.

Изучение актуальных информационных источников в сфере оценки качества городской среды позволило установить, что одним из основополагающих документов, регулирующим вопросы оценки качества городской среды, является методика формирования индекса качества городской сре-

ды, утверждённая Минстроем России (далее – методика) [6]. Данная методика определяет в качестве колючего показателя оценки качества городской среды городов индекс качества городской среды (далее – ИКГС). ИКГС представляет собой цифровое балльное значение, отражающее состояние городской среды и находящееся в интервале [0; 360]. Для оценки ИКГС отдельного города формируется матрица из 36 критериев, учитывающая типы пространств и критерии КГС. Каждый индикатор оценивается по шкале от 0 до 10 баллов. На основании полученного итогового балла индекса определяется тип качества городской среды. Неблагоприятная городская среда характеризуется балльным интервалом [0; 180], благоприятная городская среда – соответственно, балльным интервалом [181; 360].

Исследование источников, значимых для демографической характеристики города [7–9], показало, что в большинстве случаев показателем, отражающим демографическую характеристику города, является численность населения города.

Ввиду этого для установления зависимости качества городской среды от демографической характеристики города применяется два основных показателя: индекс качества городской среды и численность населения города. Данная зависимость характеризуется коэффициентом корреляции, отражающим степень связи между численностью населения в отдельном городе и его достигнутым средним значением ИКГС.

Полученные в ходе исследования значения коэффициента корреляции, могут быть положительными, отрицательными или равными нулю. Положительная корреляция означает, что при увеличении численности населения города увеличивается и значение ИКГС. Отрицательная корреляция указывает на то, что при увеличении численности населения города значение его ИКГС снижается. Корреляция, равная нулю, свидетельствует об отсутствии связи между численностью населения города и ИКГС.

Величина коэффициента корреляции интерпретируется так:

- менее $|0,20|$ – очень слабая корреляция;
- от $|0,20|$ до $|0,39|$ – слабая корреляция;
- от $|0,40|$ до $|0,59|$ – средняя корреляция;
- от $|0,60|$ до $|0,79|$ – сильная корреляция;
- $|0,8|$ и более – очень сильная корреляция.

При проведении анализа по каждой отдельной группе городов России рассчитывается коэффициент корреляции численности населения и достигнутого значения ИКГС.

Рассмотрим корреляционную зависимость численности населения и значения ИКГС в 2023 г. В рамках исследования коэффициенты корреляции численности населения и достигнутых значений ИКГС определялись для различных размерных групп городов России, формируемых в зависимости от численности населения (табл. 1). Коэффициенты корреляции рассчитывались на основе данных портала «Индекс качества городской среды» [10] и данных Росстата о численности населения по состоянию на 01.01.2024 [9].

Таблица 1

Значения коэффициента корреляции R численности населения и достигнутого значения ИКГС по отдельным группам городов России в 2023 г. (составлена на основе расчётных данных, [9; 10])

Размерная группа городов	Численность населения (чел.)	R
Крупнейшие	от 1 млн	0,82
Крупные	250 тыс. – 1 млн	0,05
Большие	100–250 тыс.	0,12
Средние	50–100 тыс.	0,16
Малые	до 5 тыс.	0,34

Полученные по результатам исследования корреляционные зависимости численности населения и достигнутых значений ИКГС по размерным группам городов России оказались положительными. Это свидетельствует о том, что при увеличении численности населения городов, увеличиваются и значения ИКГС. Рис. 1–5 иллюстрируют получившиеся корреляции.

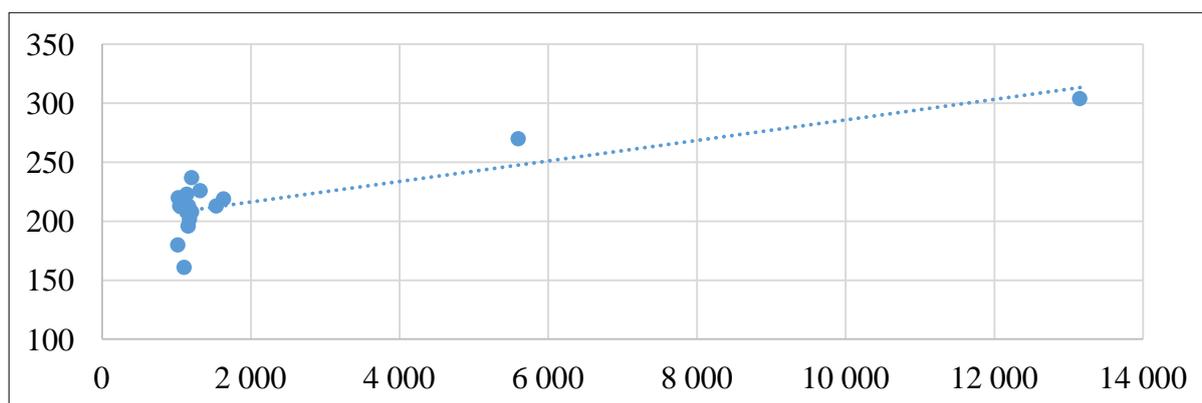


Рис. 1. Корреляции численности населения (ось абсцисс, тыс. чел.) и достигнутого значения ИКГС (ось ординат) в группе крупнейших городов с численностью населения от 1 млн чел. в 2023 г. (составлен по данным [9; 10])

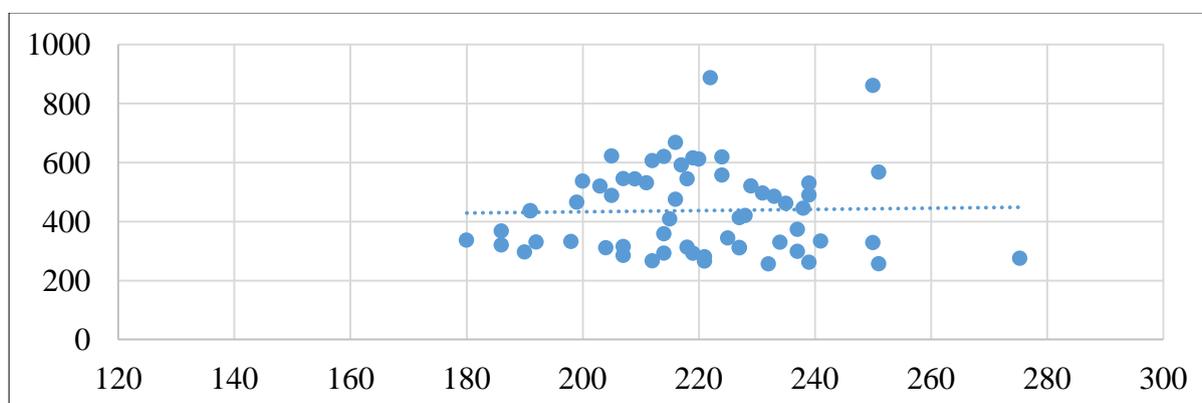


Рис. 2. Корреляции численности населения (ось абсцисс, тыс. чел.) и достигнутого значения ИКГС (ось ординат) в группе крупных городов с численностью населения 250 тыс. – 1 млн чел. в 2023 г. (составлен по данным [9; 10])

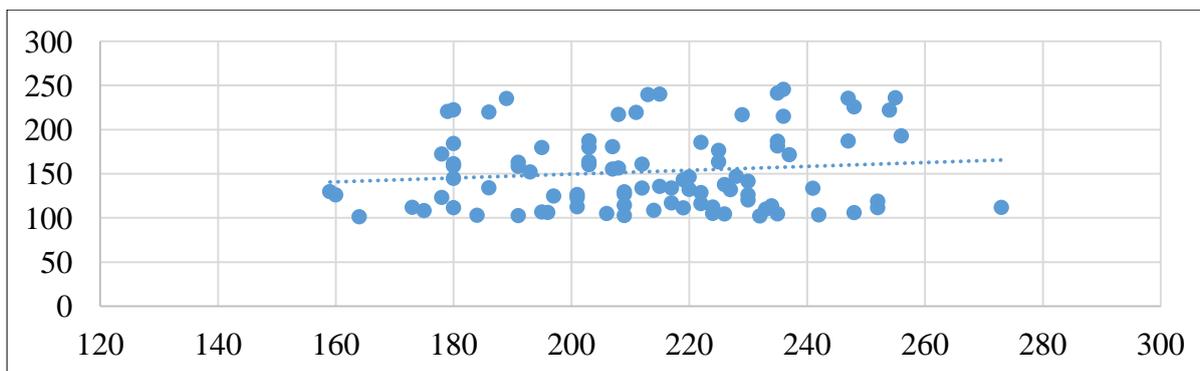


Рис. 3. Корреляции численности населения (ось абсцисс, тыс. чел.) и достигнутого значения ИКГС (ось ординат) в группе больших города с численностью населения 100–250 тыс. чел. в 2023 г. (составлен по данным [9; 10])

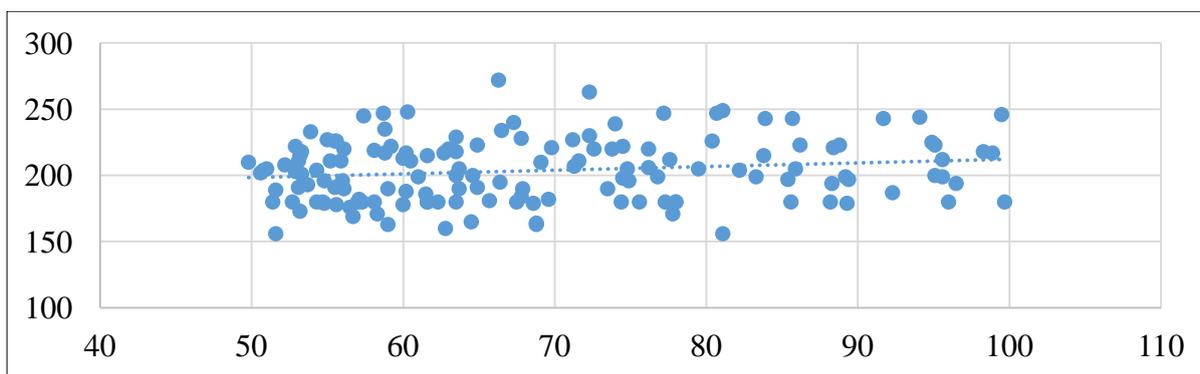


Рис. 4. Корреляции численности населения (ось абсцисс, тыс. чел.) и достигнутого значения ИКГС (ось ординат) в группе средних городов с численностью населения 50–100 тыс. чел. в 2023 г. (составлен по данным [9; 10])

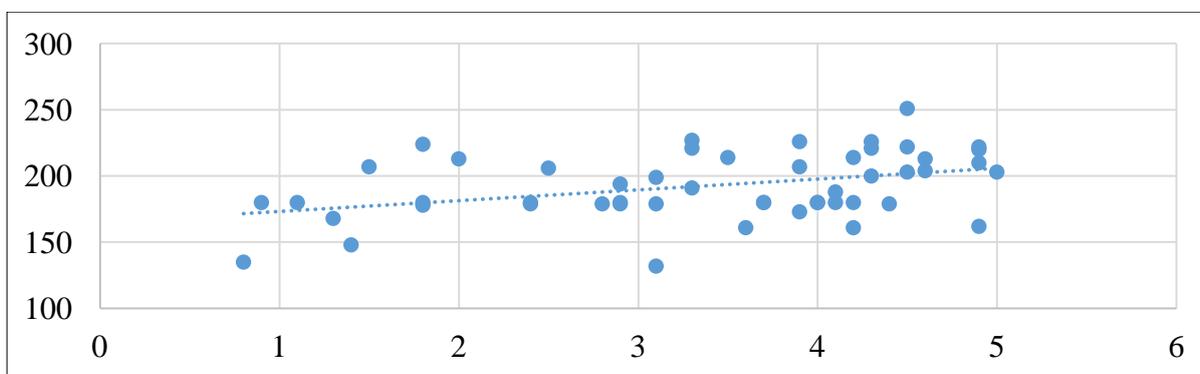


Рис. 5. Корреляции численности населения (ось абсцисс, тыс. чел.) и достигнутого значения ИКГС (ось ординат) в группе малых городов с численностью населения до 5 тыс. чел. в 2023 г. (составлен по данным [9; 10])

Рассчитанные значения коэффициентов корреляции по пяти размерным группам городов России находятся в интервале $[0,16; 0,82]$, что свидетельствует о существенной их разобоченности. Очень сильной корреляционной зависимостью ($R_1 = 0,82$) характеризуется размерная группа крупнейших городов с численностью населения 1 млн чел., в которую входит 16 городов. Слабая корреляционная зависимость ($R_5 = 0,38$) наблюдается в группе городов с численностью населения до 5 тыс. чел., во включающей 51 город.

Очень слабые корреляционные зависимости прослеживаются в трёх размерных группах городов России: группе крупных городов с численностью населения 250 тыс. – 1 млн чел., в состав которой входит 62 города ($R_2 = 0,05$); группе больших городов с численностью населения 100–250 тыс. чел. ($R_3 = 0,12$), включающей 92 города, и группе средних городов ($R_4 = 0,16$) с численностью населения 50–100 тыс., в составе которой 148 городов. Полученные в результате проведённого исследования данные свидетельствуют о неравных условиях повышения качества городской среды городов России.

В результате проведённого исследования можно сделать выводы: в качестве основных показателей, используемых для установления зависимости качества городской среды от демографической характеристики города, определены ИКГС и показатель численности населения в городе; во всех размерных группах городов России полученные корреляционные зависимости численности населения и достигнутых значений ИКГС оказались положительными, но вместе с тем достаточно разобщёнными.

Список источников

1. О национальных целях развития РФ на период до 2030 г. и на перспективу до 2036 г.: Указ Президента РФ № 309 от 07.05.2024. URL: consultant.ru/document/cons_doc_LAW_475991.

2. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ: оф. сайт. URL: minstroyrf.gov.ru/press.

3. Корюкова Ю. Д. Качество городской среды городов России: анализ, динамика, направления развития / Ю. Д. Корюкова, Л. В. Дайнеко // Международный научно-исследовательский журнал. № 5 (143). DOI: 10.60797/IRJ.2024.143.149.

4. Полякова Е. Ю. Методология оценки качества и комфортности городской среды / Е. Ю. Полякова, Н. И. Ляхова, О. А. Новикова // Вестник ААЭП. 2021. № 11. С. 303–308.

5. Пуляева В. Н. Создание комфортной городской среды в системе мер по повышению качества жизни населения в регионах / В. Н. Пуляева, И. А. Иванова // Жилищные стратегии. 2023. Т. 10. № 4. С. 425–440. DOI: 10.18334/zhs.10.4.119238.

6. Об утверждении Методики формирования индекса качества городской среды: Распоряжение Правительства РФ № 510-р от 23.03.2019. URL: static.government.ru/media/files/wbRiqrDYKeKbPh9FzCHUwWoturf2Ud0G.pdf.

7. Гресь Р. А. Качество городской среды в Ленинградской обл. в период 2018–2021 гг. // Вестник БФУ им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2023. № 1. С. 50–65. DOI: 10.5922/gikbfu-2023-1-4.

8. Динамика индекса качества городской среды российских городов в 2018–2022 гг. 2023. № 5 (105). С. 48–57.

9. Индекс КГС. URL: индекс-городов.рф.

10. ФСГС: оф. сайт. URL: rosstat.gov.ru.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ

Е. А. Голованов, студент
Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Статья посвящена применению современных программных комплексов для решения оптимизационных задач. Рассмотрены решения получения максимальной прибыли строительными организациями с использованием встроенных функций программы MachCAD. Получены решения для оптимизации размещения в доме квартир в зависимости от количества комнат в квартире и получаемой от их продаж прибыли.

Ключевые слова: строительство прибыль, программные комплексы

В работе анализируются преимущества использования *MachCAD* в сравнении с традиционными методами решения, включая повышение скорости расчета и возможность моделирования различных сценариев. Ниже приведены примеры успешного применения программы с целью получения максимальной прибыли, которые могут являться рекомендациями для предприятий строительной отрасли, а также даются рекомендации по оптимизации процессов управления строительством.

Задача 1. В доме общей площадью 6 000 м² планируется разместить 1-, 2-, 3- и 4-ком. квартиры площадью 45,6, 90,5, 145,4, 205,2 м² соответственно. По требованию заказчика, 1- и 2-ком. квартир должно быть не менее 11 каждого типа, а 3- и 4-ком. – не менее 7. Прибыль застройщика с квартир разного типа представлена в табл. 1.

Таблица 1

Прибыль от реализации квартир, тыс. руб.

1-ком.	2-ком.	3-ком.	4-ком.
2 000	3 100	7 001	8 500

Необходимо определить, при каком соотношении квартир разных типов прибыль застройщика будет максимальной.

Листинг программы приведён на рис. 1.

Таким образом, в результате расчета установлено, что для получения максимальной прибыли в размере 262 600 тыс. руб. при размещении в доме общей площадью 6 000 м²: 1-ком. – 11 квартир, 2-ком. – 11 квартир, 3-ком. – 21 и 4-ком. – 7 квартир.

Целевая функция $f(n1, n2, n3, n4) := 2000 \cdot n1 + 3100 \cdot n2 + 7001 \cdot n3 + 8500 \cdot n4$

Начальное приближение корней $n1 := 1 \quad n2 := 20 \quad n3 := 10 \quad n4 := 0$

Служебное слово Given

$$45.6 \cdot n1 + 90.5 \cdot n2 + 145.4 \cdot n3 + 205.2 \cdot n4 \leq 6000$$

$$n1 \geq 11 \quad n2 \geq 11 \quad n3 \geq 7 \quad n4 \geq 7$$

Расчет

$$p := \text{Maximize}(f, n1, n2, n3, n4) = \begin{pmatrix} 11 \\ 11 \\ 21.09 \\ 7 \end{pmatrix} +$$

Полученная прибыль $f(11, 11, 21, 7) = 2.626 \times 10^5$

Рис. 1. Расчёт максимальной прибыли от реализации квартир

Задача 2. Бетоносмесительный узел выпускает три марки цементно-песчаных растворов: М100, М150 и М200. Распределение сырья по трём видам растворов представлено в табл. 2.

Таблица 2

Распределение сырья (%)

Сырьё	М100	М150	М200
Цемент	15	20	25
Песок	85	80	75

На складе имеется 78 т (около 60 м³) цемента и 180 м³ песка. От реализации 1-го раствора прибыль составляет 1 300 руб., 2-го – 1 550 руб., 3-го – 1 600 руб. Кроме того, установлено, что спрос на раствор № 3 не превышает 130 м³, а раствор № 1 нужно произвести не менее 50 м³. Необходимо определить оптимальный план выпуска строительных растворов для получения максимальной прибыли. Листинг программы представлен на рис. 2.

Таким образом, в результате решения задачи получен оптимальный план производства различных марок раствора для получения максимальной прибыли в условиях ограничений в ресурсах и потребности. При организации выпуска раствора М100 в количестве 50 м³ М150 – 50 м³ и М200 в количестве 130 м³ производителем будет получена максимальная прибыль в размере 350,5 тыс. руб.

```

Целевая функция   f(n1,n2,n3) := 1300·n1 + 1550·n2 + 1600·n3

Ограничения
n2 ≥ 0   n3 ≤ 130   0.15n1 + 0.2n2 + 0.25n3 ≤ 60   0.85n1 + 0.8n2 + 0.75n3 ≤ 180

Листинг программы
n1 := 7   n2 := 9n1   n3 := 6·n2
f(n1,n2,n3) := 1300n1 + 1550n2 + 1600n3
Служебное слово   Given
n1 ≥ 50   n2 ≥ 0
0.15n1 + 0.2n2 + 0.25n3 ≤ 130 ≤ 60
0.85n1 + 0.8n2 + 0.75n3 ≤ 180

Расчет
p := Maximize(f , n1 , n2 , n3) =  $\begin{pmatrix} 50 \\ 50 \\ 130 \end{pmatrix}$ 

Полученная прибыль   f(50,50,130) = 3.505 × 105

```

Рис. 2. Расчёт выработки

Ограничения и вид целевой функции в формулировках задач могут быть самыми разнообразными, однако листинг программы останется неизменным. Это позволяет осуществлять моделирование различных сценариев и оперативно принимать рациональные решения в условиях действующего производства. Интеграция современных технологий в практику отрасли способствует повышению конкурентоспособности и эффективности строительного бизнеса.

Список источников

1. Мохрачева Л. П. Типовые математические схемы моделирования. Примеры и задачи: учеб. пособие. Екатеринбург: УрФУ, 2018. 144 с.

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ КОМПЛЕКСНОГО РАЗВИТИЯ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖИЛОГО МИКРОРАЙОНА

Н. О. Дмитриева, старший преподаватель
Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В работе рассматриваются современные направления развития городской среды и объектов инфраструктуры в жилых микрорайонах. Выделены и проанализированы основные информационные источники, и в результате на их основе сформированы и предложены базовые аспекты, которые должны учитываться при оценке комплексного развития объектов инфраструктуры жилого микрорайона.

Ключевые слова: *объекты инфраструктуры, комплексное развитие, жилой микрорайон*

Современная жилая городская среда развивается и трансформируется вместе с человеком и обществом, подстраиваясь под его текущие и будущие потребности и представления о комфорте и качестве среды проживания и жизнедеятельности.

Об особой важности развития как в целом российских регионов, так и отдельных городов и посёлков, говорится в Послании Президента Федеральному Собранию в 2024 г. [1].

Отдельный раздел в Послании посвящён вопросам развития и модернизации социальной, инженерной и транспортной инфраструктуры, созданию комфортной городской среды, в т. ч. с использованием проектов комплексного развития территорий под застройку. Современная инфраструктура влияет на рост капитализации всех активов страны и регионов, для граждан даёт возможность жить в более комфортных условиях, а для бизнеса это новые перспективы и пути развития.

На текущий момент в соответствии с Посланием Минстрой завершает работу над новым национальным проектом «Инфраструктура для жизни», который, по сути, появляется в какой-то части на смену, а в какой-то в дополнение проекта «Жильё и городская среда». Этот новый масштабный национальный проект станет ориентиром основных направлений в работе на ближайшие годы, а его параметры будут определять приоритеты финансирования [2]. В конечном итоге он направлен на достижение национальных целей развития РФ, в т. ч. в части создания комфортной и безопасной среды для жизни [3].

В связи с этим на развитие объектов инфраструктуры в соответствии с современными требованиями и направлениями предполагается выделение значительного объёма инвестиций, в т. ч. за счёт бюджетных средств. При этом задачи эффективного расходования любых ресурсов, в т. ч. финансовых, являются актуальными всегда.

Многие современные научные труды в области развития городов и регионов посвящены изучению развития отдельных видов инфраструктуры. Например, это может быть социальная или транспортная, или инженерная инфраструктура. Некоторые авторы посвящают свои исследования отдельному подвиду инфраструктуры, например, спортивной или здравоохранения, железнодорожной или топливно-энергетической, рекреационной или туристической и т. д. Тем не менее вопросы, посвящённые комплексному изучению «развитости» всех видов инфраструктуры для определенной территории, до сих пор не нашли полного освещения в научной литературе, хотя исследования в этом направлении ведутся [4–6]. Для развития инфраструктуры как таковой в целом необходимо наличие соответствующей материально-вещественной базы, в т. ч. и объектов инфраструктуры.

Поэтому возникает необходимость в обозначении основных аспектов и направлений, в соответствии с которыми должны оцениваться и в дальнейшем развиваться объекты инфраструктуры в современных условиях как неотъемлемой части жилой городской среды, а именно жилого микрорайона.

Определение комплексного развития территории даётся в Градостроительном кодексе РФ и подразумевает под собой комплекс мероприятий направленных на создание благоприятных условий проживания граждан, обновление среды жизнедеятельности и территорий. По своей сути это является законодательным инструментом, позволяющим реализовывать проекты развития определенных территорий, которые подпадают под данную категорию. Основные направления реализации таких проектов вытекают из тех целей, которые сформулированы законом, одной из которых является создание условий для развития социальной, транспортной, и инженерной инфраструктур, благоустройства территорий городов и поселений, повышения территориальной доступности таких инфраструктур.

Тем не менее не все территории города относятся к территориальной зоне, на которой возможна реализация проектов КРТ, но развитие объектов инфраструктуры, должно осуществляться и на них.

Отдельно законом предусмотрены такие понятия и направления деятельности, как программы комплексного развития транспортной, социальной и систем коммунальной инфраструктуры. Данные программы, так же, как и проекты КРТ, устанавливают перечни мероприятий по проектированию, строительству и реконструкции объектов соответствующего вида инфраструктуры. Для Красноярска данные программы утверждены, и период мероприятий установлен вплоть до 2042 г. [7]. В данных программах в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 1050 от 01.10.2015 в обязательном порядке указываются цели и задачи Программы и её целевые показатели, которые также можно принять за основу для формулирования направлений комплексного развития объектов инфраструктуры, в т. ч. микрорайона.

Ещё одним документом, в котором наиболее полно сформулированы принципы комплексного развития территорий, является Стандарт комплексного развития территорий [8], область применения которого – это территории жилой и многофункциональной застройки. Некоторые из них можно переформулировать применительно к развитию объектов инфраструктуры.

Т. к. объекты инфраструктуры являются результатом градостроительной деятельности, то требования по их созданию (реконструкции, ремонту, модернизации) указаны в соответствующих строительных нормах и сводах правил. Например, при проектировании жилого микрорайона одним из документов, которым необходимо руководствоваться, является СП 476.1325800.2020 «Территории городских и сельских поселений. Правила планировки, застройки и благоустройства жилых микрорайонов». В нем указаны требования, которые необходимо выполнять при проектировании жилой застройки, которая включает с себя и объекты инфраструктуры.

Следующим важным аспектом, который определяет основные направления развития объектов инфраструктуры как неотъемлемой части городской среды, являются современные концепции и тенденции в области развития городов.

Одной из основополагающих концепций на текущий момент является концепция устойчивого развития городов и населённых пунктов. Создание устойчивых городов и населённых пунктов является одной из 17 целей, которые официально были приняты членами ООН в сентябре 2015 г. по программе в области устойчивого развития, озаглавленной «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 г.». Появление данной концепции стало необходимым из-за стремительного роста населения Земли за последние 100 лет и, соответственно, значительным ростом городов. Следует отметить, что данная концепция явилась результатом и вобрала в себя многие современные направления развития городов, а также породила новые исследования и практические предложения для дальнейших изменений городской среды.

Ещё одной популярной на текущий момент концепцией для развития городской среды является «15-минутный город», которая подразумевает что всё необходимое для жизни находится недалеко от дома. Одним из значимых аспектов данного подхода в том, что происходит развитие локальной коммерчески активной зоны и местной экономической деятельности, повышается самодостаточность территории.

Из отечественных разработок следует сказать о концепции биосферной совместимости при преобразовании городов, разработанной Российской академией архитектуры и строительных наук под руководством академика В. А. Ильичева, в которой удовлетворение потребностей человека, как и в концепции 15-минутного города, реализуется через функции города [9].

Отдельно следует отметить такие современные направления в развитии городов, как «зелёное строительство», «энергоэффективное строительство», «умный город», «доступная среда» и др.

В результате изучения указанных выше источников можно сделать вывод о том, что комплексное развитие объектов инфраструктуры подразумевает такой подход, при котором происходит всестороннее или многостороннее развитие различных аспектов совокупности инфраструктурных объектов на рассматриваемой территории. И с теоретической, и с практической точки зрения возникает вопрос о том, как оценить «развитость» объектов инфраструктуры жилого микрорайона как комплекса объектов, чему они должны соответствовать, и что такая оценка должна в себя включать с учетом современных требований и направлений в области устойчивого развития городов?

По мнению автора, для оценки текущего состояния и при планировании мероприятий по комплексному развитию объектов инфраструктуры жилого микрорайона должны учитываться следующие основные аспекты, представленные на рис. 1.

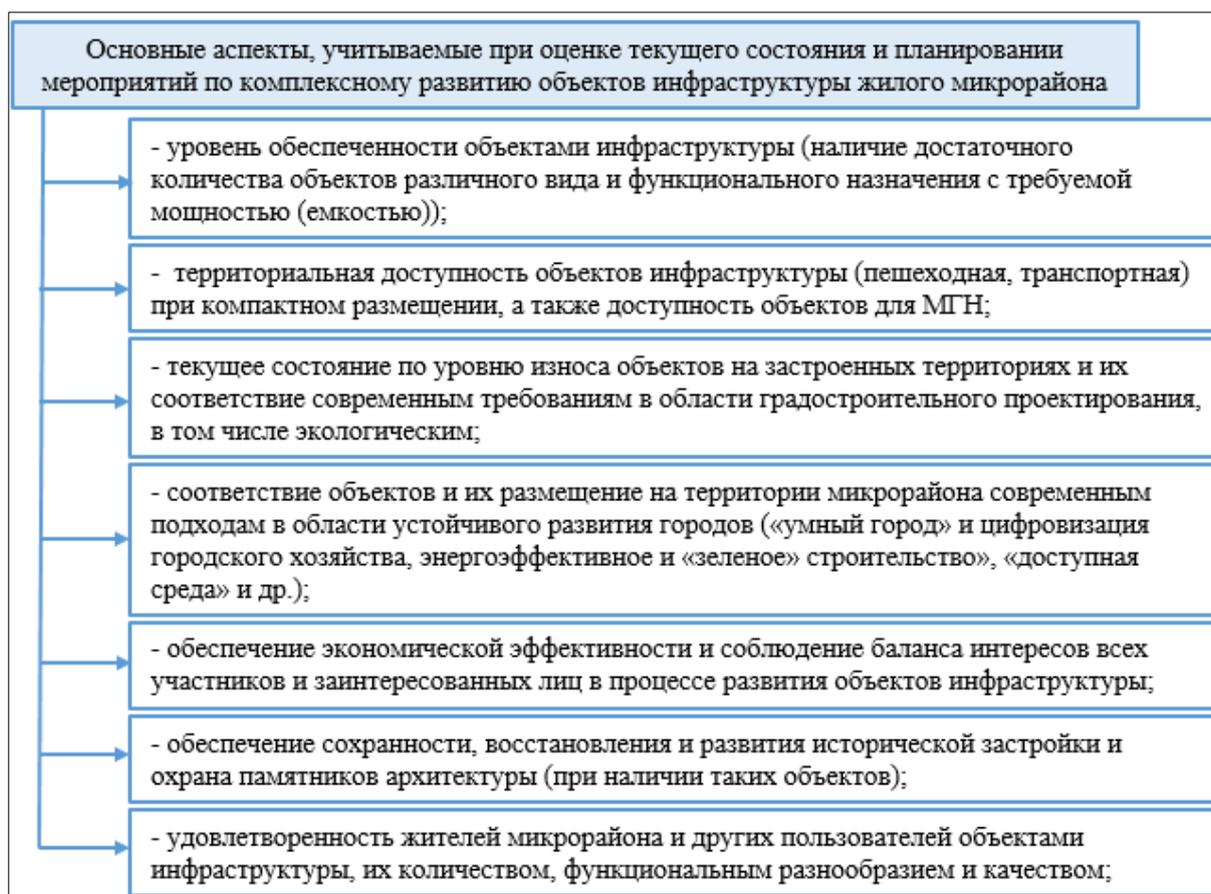


Рис. 1. Основные аспекты, учитываемые для оценки «развитости» объектов инфраструктуры жилого микрорайона как комплекса объектов

По показателю обеспеченности следует отдельно отметить, что нормативное требование по минимальной обеспеченности некоторыми объектами социальной инфраструктуры (например, общеобразовательные шко-

лы и детские сады) не всегда покрывает, или наоборот превышает, существующую фактическую потребность в таких объектах, поэтому автором предлагается дополнительно ввести к показателю нормативной обеспеченности такую характеристику как достаточность объектов, которая как раз и будет демонстрировать разницу между нормативной и фактической потребностью в различных объектах.

Учёт всех аспектов при оценке уровня комплексного развития совокупности объектов инфраструктуры жилого микрорайона позволит определить его инфраструктурный потенциал.

В заключение следует отметить, что перечисленные выше аспекты могут и должны быть учтены при оценке «развитости» объектов инфраструктуры как на застроенных территориях при строительстве новых объектов или реконструкции (ремонте, модернизации) существующих, так и при создании проектов комплексной жилой застройки на свободных территориях, в т. ч. с применением механизма КРТ.

Список источников

1. Послание Президента Федеральному Собранию 29.02.2024. URL: kremlin.ru/events/president/transcripts/messages/73585.

2. На заседании комиссии Госсовета РФ по направлению «Инфраструктура для жизни» обсудили параметры нового национального проекта. URL: minstroyrf.gov.ru/press/na-zasedanii-komissii-gossoveta-rf-po-napravleniyu-infrastruktura-dlya-zhizni-obsudili-parametry-nov.

3. Указ о национальных целях развития РФ на период до 2030 г. и на перспективу до 2036 г. URL: kremlin.ru/acts/news/73986.

4. Sarchenko V. I. The Cost Modeling of Urbanized Areas / V. I. Sarchenko, S. A. Khirevich, M. V. Sarchenko // Real Estate: Economics, Management. 2021. No. 4. Pp. 42–48.

5. Хиревич С. А. Инвестиционная привлекательность урбанизированной территории: понятие, показатели, оценка // Жилищные стратегии. 2024. Т. 11. № 3. С. 395–408. DOI: 10.18334/zhs.11.3.121405.

6. Саенко И. А. Развитие теории и методологии управления качеством жилищного строительства и повышения степени комфортности проектов комплексной застройки территорий: дисс. д-ра экон. наук. Иркутск, 2019. 275 с.

7. Программы комплексного развития. URL: admkrsk.ru/citytoday/building/Pages/prog-kompl-razvit.aspx.

8. Кн. 1. Свод принципов комплексного развития городских территорий. URL: minstroyrf.gov.ru/docs/18283.

9. Ильичев В. А. Количественная оценка принципов преобразования городов в биосферосовместимые / В. А. Ильичев, В. И. Колчунов, В. А. Гордон и др. // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли РФ в 2021 г.: сб. тр. РААСН. Т. 1. М.: АСВ, 2022. С. 197–206.

УНИВЕРСИТЕТСКИЙ КАМПУС КАК ЭЛЕМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ КОМФОРТНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

О. О. Донская, аспирант

Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Аннотация. В статье исследуется роль современных кампусов университета как элементов формирования комфортной городской среды. Целью работы является анализ взаимосвязи кампусов с городской инфраструктурой и их влияния на экономическое, культурное и социальное развитие города. В ходе исследования, проведённого при помощи метода сравнительного анализа и метода кейс-стади, были проанализированы современные кампусы университетов и выявлены принципы их пространственной организации, архитектурной интеграции в городскую среду и роль частного партнёра в рамках механизма государственно-частного партнёрства для развития инфраструктуры кампуса и привлечения жителей города на территорию кампуса.

Ключевые слова: кампус, городская среда, инфраструктура, частный партнёр, государственно-частное партнёрство

Взаимосвязь кампуса университета и городской среды – это сложная и многослойная система общественных, культурных и экономических взаимодействий, в которой кампус, становясь частью городской инфраструктуры, влияет на развитие экономики города и региона, а также дополняет культурно-репутационный облик города.

Современный университетский кампус выходит за рамки образовательного учреждения и научного центра, теперь он, помимо прочего, становится на путь инфраструктурного развития, сочетая на своей территории жилую, спортивную, досуговую и культурную функции.

В настоящее время науке и образованию отведена важная роль в процессе формирования гармонично развитой и социально ответственной личности, что подчеркивается в таких основополагающих стратегических документах, как, например, в Указе Президента РФ о национальных целях от 2020 г. [1]. В настоящем Указе отмечена необходимость создания возможностей для самореализации и развития талантов, что, в свою очередь, подразумевает повышение качества образования и научно-исследовательской деятельности, укрепление привлекательности образования среди талантливой молодёжи и профессорско-преподавательского состава.

Для реализации этих целей следует разработать определённые условия, среди которых ключевым выступает формирование среды для получения образования, притяжения талантливых студентов, профессиональной деятельности, инновационного развития и интеллектуального насыщения. Инструментами создания таких условий может быть развитие территории, инфраструктуры, пространства университетов, удобного для обучения, коммуникации, выполнения проектов и совместных учебных задач [2].

Также согласно Федеральному закону № 273-ФЗ «Об образовании в РФ», образовательные учреждения обязаны создавать условия для полноценного развития учащихся, что включает обеспечение комфорта, безопасности и доступности учебного процесса.

С этой точки зрения кампусы выступают не просто объектами образовательной инфраструктуры в городе, но становятся точками роста для прилегающих территорий, преобразуя их в активные пространства для взаимодействия знаний, инноваций и культурных инициатив. Университетский кампус можно рассматривать как своеобразный «интеллектуальный маяк» для города, который притягивает не только студентов, но и различные формы творческой и предпринимательской активности благодаря развитой инфраструктуре на территории кампуса.

В отличие от традиционного представления об образовательных учреждениях, кампусы современных университетов могут служить катализатором для трансформации городской среды, создавая синергетические эффекты [3]. Здесь студенческая жизнь, научные открытия и предпринимательские инициативы смешиваются с локальной культурной и социальной тканью города, рождая новые урбанистические и экономические формы. Эти зоны становятся центрами развития, откуда знания и креативные ресурсы распространяются на прилегающие районы города, стимулируя их к самоперестройке и обновлению.

Было проведено исследование, посвящённое роли университетского кампуса в формировании комфортной городской среды, в ходе которого были проанализированы наиболее известные и крупные кампусы университетов (США, Европа) [4]. В качестве результатов исследования было определено, что для таких университетов характерна комплексная пространственная организация территории, уникальный архитектурный облик, подтверждающий городскую идентичность, и открытость пространств кампуса. Кампусы выстраиваются по принципу открытости, что подразумевает наличие пространств с доступом для жителей города, а также использование проницаемых пространств и прозрачных решений в архитектуре. Планировочная структура выстроена таким образом, что пешеходная сеть города пересекает кампус и вовлекает его в пространственную коммуникацию с городом. Изолированность исключается из принципов проектирования.

При этом кампус университета не стремится доминировать над городской тканью, а скорее действует как связующий элемент – как мост между академической средой и социально-экономической жизнью города. Границы между кампусом и городом становятся более проницаемыми [4], что позволяет формировать гибридные пространства, которые становятся не только точками для развития инновационных механизмов (как, например, бизнес-инкубаторов), но и культурных мероприятий и новых форм социального взаимодействия. Кампус становится ещё одним участником городской жизни, развивая стандарты комфорта и взаимодействия с городом.

В России также меняется взгляд на проектирование и создание кампусов университетов, и этой цели способствует реализация федерального проекта «Создание сети современных кампусов». Проект вносит ряд изменений в процесс создания кампусов университетов, помогая интегрировать кампус в городское пространство и обеспечивая развитие комфортной среды.

В первую очередь федеральный проект определяет ключевой механизм для вовлечения экономических субъектов в процесс управления кампусом на этапе создания инфраструктуры – государственно-частное партнёрство (ГЧП), которое позволяет привлекать частные инвестиции для создания инфраструктуры.

Участие частного капитала позволяет расширить функции кампусов и включить в их структуру не только учебные и исследовательские объекты, но и коммерческие, спортивные и культурные площадки, которые открыты для горожан. В результате кампус становится центром активности не только для студентов и преподавателей, но и для всего города. Это, в свою очередь, усиливает социальные связи и оживляет городскую среду.

Частный партнёр получает возможность возврата инвестиций через долгосрочные арендные отношения или участие в управлении объектами кампуса. Кампусы становятся своего рода коммуникационными платформами, где встречаются интересы государства, образовательных учреждений и бизнеса, формируя новый тип городских пространств – гибрид образовательного и экономического кластера.

Таким образом, кампусы становятся экономическими субъектами, оказывающими влияние на городское развитие. Благодаря участию частных партнеров, кампусы не изолируются, а органично вписываются своими услугами в городскую ткань, становятся акторами в рамках городской экономики и точкой притяжения деловой активности.

Целевая модель кампуса изложена в документе Министерства науки и образования РФ – «Стандарт инновационной образовательной среды (кампусов)», который определяет требования к функционированию, организационную модель управления проектом, социально-экономические эффекты деятельности кампусов и требования к сервисам [5].

Согласно Стандарту, для реализации целей и задач региональных стратегий социально-экономического развития на территории кампуса университета предусмотрено создание полного цикла развития инновационных компаний, для которых предусматривается такая инфраструктура, как технопарки, бизнес-инкубаторы и пр. Модель кампуса, описанная в Стандарте, не ограничивает вариативность реализации с точки зрения организации пространства и мастер-планирования. Т. е. кампус может быть как локализован на одном земельном участке, так и реализовываться в нескольких зданиях и внедрять на своей территории различные функции, становясь полифункциональным пространством внутри города.

Новый кампус МГТУ Н. Э. Баумана стал первым объектом, реализованным по Федеральному проекту «Создание сети современных кампусов». Происходит обновление инфраструктуры университета с целью объединения новых и старых инфраструктурных объектов в единую экосистему, а также планируется предоставить возможность горожанам пользоваться пространством кампуса [6]. Концепция нового кампуса МГТУ им. Баумана подразумевает развитие событийной повестки для жителей города и студентов из других университетов, которым будет открыт доступ на территорию и к мероприятиям в кампусе.

Пространство кампуса МГТУ, как и в мировых кампусах, рассмотренных автором статьи в рамках исследования, предполагает его интеграцию в городскую среду и открытость. В частности, благоустроены уличные пространства студенческого городка, построен велопешеходный мост через Язу, что улучшает доступность кампуса для всех жителей района.

По заявлению Валерия Фалькова, главы Минобрнауки, инфраструктура нового кампуса МГТУ им. Баумана способствует повышению качества инженерного образования в стране и создает условия для комфортной учебы и работы на территории кампуса [7]. В свою очередь, главный архитектор г. Москвы Сергей Кузнецов подчеркнул, что при сооружении кампуса МГТУ им. Баумана была применена новая концепция *emo-tech*, созданная в рамках работы над проектом МГТУ им. Баумана [8].

Концепция представляет сочетание эмоциональных технологий и *hi-tech*. Такой подход делает образовательную инфраструктуру важной частью городской среды и экономического развития города. Во-первых, концепция *emo-tech* предполагает создание архитектурного облика и наполнения, которые вызывают положительные эмоции у студентов и преподавателей, способствуя продуктивной учебной и научной деятельности.

Во-вторых, кампус интегрируется в городское пространство, предлагая не только учебные зоны, но и общественные пространства, доступные для жителей города, что усиливает взаимодействие между университетом и городом.

В-третьих, использование высокотехнологичных решений в кампусе, таких как автоматизация процессов, цифровизация учебной среды и пр., способствует формированию нового типа урбанистической среды, которая не только отвечает стандартам создания кампуса университета, но и способствует развитию креативного мышления и социальной активности среди горожан и студентов.

В России территория университета традиционно была закрытой, но при помощи федерального проекта «Создание сети современных кампусов» меняется подход к созданию такого типа образовательной инфраструктуры, которая будет привлекать более широкий круг горожан с точки зрения видов деятельности и стимулировать развитие не только научных, но и творческих проектов. Кампус МГТУ, становясь открытым городу, получает прочтение городского квартала, интегрируясь в городскую культуру с яркой идентичностью, узнаваемостью и архитектурой.



Рис. 1. Новый кампус МГТУ им. Н. Э. Баумана

Таким образом, становится очевидным, что в ближайшее десятилетие произойдут изменения в модели развития кампусов университетов в связи с определением для них новой роли, которая формулируется как «акторы экономического развития». Федеральный проект создания кампусов, как инновационной образовательной среды, положил начало пересмотру подходов к созданию новой и обновлению текущей инфраструктуры университетов. Таким образом, кампус перестает быть изолированной зоной, он становится новым типом городской среды – открытым пространством для сотрудничества, инноваций и возможностей, влияющим не только на ближайшие территории, но и на более широкий городской контекст. В такой модели кампус – это живой организм, который взаимодействует с рынками, индустриями и культурой, становясь катализатором прогресса не в рамках отдельно взятого района, а на уровне всего города.

Кампус превращается в активный узел взаимодействия, здесь рождаются новые модели сотрудничества между учеными, бизнесом и государством, где исследовательские лаборатории соседствуют с креативными пространствами, а образовательный процесс переплетается с реальной практикой внедрения технологий и решений в городскую жизнь. Кампус становится источником не только знаний, но и изменений, влияя на социальные, экономические и культурные процессы города. Это больше не замкнутая академическая среда, а динамическая платформа, которая формирует будущее города, создавая возможности для всех его участников – от студентов и преподавателей до стартапов и предпринимателей.

Список источников

1. О национальных целях развития РФ на период до 2030 г.: Указ Президента РФ № 474 от 21.07.2020. URL: government.ru/docs/all/128943.
2. Стариков А. А. Культура пространственной организации как фактор конкурентоспособности университета // Университетское управление: практика и анализ. 2011. № 2. С. 15–29.
3. Пучков М. В. Университетский кампус. Принципы создания пространства современных университетских комплексов // Вестник ТГАСУ. 2011. № 3. С. 79–88.

4. Донская О. О. Анализ основных характеристик современных кампусов / О. О. Донская, Т. Н. Кисель // Вестник МГСУ. 2024. Т. 19. Вып. 7. С. 1 186–1 200.

5. Стандарт инновационной образовательной среды (кампусов) от 28.02.2024. URL: disk.yandex.ru/i/uPr-cOq-doAO9g.

6. Путин и Собянин открыли новые корпуса МГТУ Н. Э. Баумана. URL: stroi.mos.ru/news/putin-i-sobianin-otkryli-novyie-korpUSA-mgtu-n-e-baumana?from=cl.

7. Новые корпуса для студентов МГТУ им. Н. Э. Баумана перед началом учебного года посетили вице-премьеры и министры российского Правительства. URL: clck.ru/3Dn9rv.

8. Emo-tech – новейший стиль архитектурной Москвы. URL: archsovet.msk.ru/article/archcouncil/emo-tech-new-style-in-moscow.

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМ «УМНОГО ДОМА» В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ОБЪЕКТОВ

Д. Е. Дорошенко, студент;

В. В. Рудских, канд. экон. наук, доцент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Статья посвящена развитию инновационных технологий, таких как системы «умного дома» и интернет вещей (IoT), которые значительно упрощают управление и эксплуатацию объектов недвижимости. Рассматривается их доступность на российском рынке, которая увеличилась с 2010 по 2024 гг. благодаря появлению местных производителей. Примером успешного внедрения таких технологий служит ПАО «Сбербанк», где была разработана система Amelia для автоматизации процессов, что позволило повысить комфорт, снизить аварийность и сократить затраты на энергопотребление. Статья акцентирует внимание на важности интеграции умных систем в бизнес-процессы для повышения их эффективности.

Ключевые слова: *умный дом, эксплуатация объектов, эффективность, IoT-системы, цифровизация, автоматизация*

В современном мире трудно игнорировать инновационные системы, которые прогрессируют в своём развитии с каждым днём. С каждым годом жизнь людей становится проще и комфортнее во всех её аспектах. Например, управление и эксплуатация зданий или иных объектов недвижимости ранее было трудоёмким и затратным процессом, требующим от организации большого штата персонала для обслуживания или наличие возможности вложения в услуги обслуживания объекта существенных затрат, но, как правило, в итоге требовалось и то и другое. Сейчас системы «умного дома» и «интернета вещей» (IoT-системы) всё больше врываются в процессы эксплуатации объектов, снижая трудовые и финансовые затраты.

Если в 2010 г. системы «умного дома» и IoT-системы считались труднодоступными для российского рынка ввиду их высокой стоимости и сложности установки проводных решений, то в 2018 г. он стал более доступным из-за увеличения предложений на рынке. Однако, проблемы, связанные с высокой стоимостью, качеством систем, а также сложностью интеграции систем, сохранились. В 2024 г. системы умного дома уже являются более доступными для большего количества потребителей, ввиду наличия российских производителей оборудования, которые учитывают особенности и потребности местного рынка. Также одни из факторов, влияющих на развитие и продвижение умных систем, является государство, которое внедряет программы по применению данных систем и разрабатывает стандарты применения устройств «умного дома» [1].

Крупные корпорации уже давно начали внедрять *IoT*-системы в организацию работы своих офисов для повышения их эффективности и снижения излишних затрат. Одной из таких компаний, прочно внедривших системы умного дома в процессы эксплуатации своих объектов, является ПАО «Сбербанк». Сотрудниками Сбера была создана *Amelia* – веб-приложение по автоматизации процессов эксплуатации и управления объектам недвижимости [2]. Данная система позволила осуществлять рациональное потребление ресурсов, формировать комфортную среду на объектах и обеспечивать комплексную безопасность. На основе данного приложения была разработана схема позволяющая осуществлять экономию затрат на энергопотребление, а также исключать случаи возникновения аварийных ситуаций. Как следствие, применение сервиса *Amelia* привело к следующим показателям:

- выросло количество объектов с комфортным климатом, а именно с 35 до 82 %;
- увеличилось количество объектов без нареканий к инженерной части на 45 %;
- случаи аварийности снизились на 82 %;
- сократились затраты и потребность в выезде подрядных организаций для диагностики неисправности на 62 %;
- годовая экономия по электропотреблению составила 14,8 %.

Помимо разработки и внедрение приложения для «умного дома», Сбер также смог внедрить в инженерные системы офисов контроллеры и устройства, позволяющие автоматизировать некоторые процессы эксплуатации объектов [3].

Например, ранее рабочий процесс офиса был построен следующим образом: сначала происходило открытие офиса, после чего включение необходимого электрического оборудование, несколько часов офис работал в штатном режиме, принимая клиентов, а после происходило выключение электрического оборудования и закрытие офиса. Однако, в данной схеме процесс отключения и включения электрического оборудования являлся не рациональным, т. к. в случае неосторожности сотрудников оборудование могло остаться включённым в сеть на ночь, что является фактором риска возникновения аварийной ситуации на объекте в момент отсутствия персонала, который мог бы оперативно отреагировать. В результате применения решения с использованием «умных систем» удалось исключить данный этап, вследствие чего снизились перерасходы за потребление ресурсов, а также риски аварийных ситуаций.

Для реализации данной схемы в одном офисе в среднем потребовались затраты в размере 54,4 тыс. руб., таким образом, за год во всех офисах Удмуртской Республики, а именно в 57 филиалах, получилось произвести экономию в 2,8 млн руб. С учётом общих затрат в 3,1 млн руб., данное решение оказалось эффективным и позволило сократить затраты на потребление электроэнергии на 10 % (ориентировочно 221 тыс. руб./мес.), окупаемость составила 14 мес.

Помимо экономического эффекта также были достигнуты и другие положительные для эксплуатации показатели:

- минимизация пожарных рисков;
- увеличение срока службы инженерных систем;
- исключение ложных срабатываний систем оповещения экстренных служб;
- рациональное использование электрооборудования.

Для оптимизации процесса обслуживания офиса внедрены системы телеметрии и дистанционного управления (СТДУ), которые помогают:

- снизить потребление коммунальных ресурсов;
- дистанционно снимать показания приборов энергоресурсов;
- обеспечивают телеметрию показателей микроклимата помещений и инженерного оборудования;
- дистанционно управлять инженерными системами жизнеобеспечения объектов.

Одним из главных аспектов управления для крупного бизнеса является сохранение безопасности на его объектах. Данную проблему Сбер решил, создав единый центр мониторинга на площадке Новосибирска. Для организации работы центра были разработаны программные модули по контролю за состоянием систем безопасности объектов банка, что привело к повышению уровня безопасности объектов Банка, в частности благодаря применяемым системам телеметрии и дистанционного управления. Также дополнительным эффектом стало снижение на 20 % ложных выездов ГБР, вследствие чего на 20 % снизились выбросы углекислых газов в атмосферу углекислых газов и затраты на оплаты услуг ГБР.

Системы «умного дома» не обходят стороной и объекты недвижимости образовательных учреждений.

Компания *Sitronics Group* при поддержке рабочей группы под кураторством Минцифразвития Респ. Башкортостан внедрила комплекс сервисов для цифровизации Межвузовского студенческого кампуса Евразийского научно-образовательного центра (НОЦ) мирового уровня [3].

Сервисы, внедряемые в кампус НОЦ, являются рядом программно-аппаратных комплексов (ПАК).

1. ПАК «Единая информационная среда кампуса» – позволит проанализировать и отразить эффективность синергии, от совместного технологического и научного труда бизнеса, науки и образования. Пользователи могут получать доступ к управлению контентом и справочной информации о мероприятиях и деятельности кампуса, списку объектов инфраструктуры кампуса и перечню оборудования, которым оснащены кабинеты. Также у пользователей имеется возможность подачи заявок для оказания тех или иных услуг.

2. ПАК «Интерактивная карта кампуса» – навигационный сервис, который позволяет строить маршруты до кабинетов, корпусов и других объектов инфраструктуры кампуса. Данный сервис должен являться

неотъемлемой частью масштабного кампуса мирового уровня, он обеспечивает комфортное пребывание на территории учреждения как новых, так и постоянных гостей. Также благодаря данному сервису можно избавиться от излишней физической навигации, что снизит затраты на её обслуживание и может освободить зелёные объекты от загромождений.

3. ПАК «Цифровая эксплуатация кампуса» – данный программный комплекс позволяет автоматизировать процесс эксплуатации объектов инфраструктуры кампуса. Сервис направлен на обеспечение непрерывного, но рационального, функционирования инженерных сетей. Он позволяет обеспечить своевременную информационно-аналитическую поддержку организационно-технологических процессов. Также благодаря данной системе появляется возможность сократить трудовые и финансовые затраты на техническое обслуживание помещений и оборудования. Создаётся процесс, обеспечивающий прозрачность проведения работ технического обслуживания и ремонта, сохраняя качество и надёжность проводимых работ. Автоматизируется процесс планирования необходимого количества ресурсов и запаса материала для проведения работ. Благодаря прозрачности процесса обслуживания объекта программный комплекс может собирать и консолидировать данные о процессах эксплуатации на протяжении жизненного цикла, а также контролировать бюджет, заложенный на поддержание технического состояния объекта и предоставлять аналитическую отчётность для принятия разумных управленческих решений.

Использование данных комплексов в эксплуатации и управлении кампусом позволяет снизить и рационализировать затраты на его содержание и достичь высоких показателей в качестве обучения студентов, а также повышение экологической устойчивости образовательного сектора.

Внедрение систем «умного дома» и *IoT* является важным шагом в модернизации эксплуатации объектов недвижимости, позволяющим значительно повысить их эффективность и безопасность. Реализованные решения, такие как приложение *Amelia* и системы телеметрии, не только обеспечивают экономию ресурсов, но и способствуют созданию комфортной и безопасной среды. Полученные результаты подтверждают необходимость дальнейшего распространения и интеграции умных технологий в различных сферах, включая образование, что, в свою очередь, способствует устойчивому развитию и инновационному прогрессу в управлении недвижимостью. Интеграция умных систем способствует снижению эксплуатационных затрат и повышению общей устойчивости инфраструктуры кампуса. С учётом растущей доступности этих технологий на российском рынке, можно ожидать их дальнейшего внедрения в различные сферы, что будет способствовать созданию более рациональных и устойчивых бизнес-процессов.

Список источников

1. Интернет вещей: история возникновения, развития и угрозы.
URL: cyberleninka.ru/article/n/internet-veschey-istoriya-vozniknoveniya-razvitiya-i-ugrozy/viewer.
2. Трудолюбивая «Амелия»: как АХО стал успешным ИТ-стартапом.
URL: sber.pro/publication/trudoliubivaia-ameliia-kak-akho-stal-uspeshnym-it-startapom.
3. Сбер Про. URL: sber.pro.
4. Sitronics Group. URL: campus.sitronics.com.

НЕЙРОАРХИТЕКТУРА КАК ОПРЕДЕЛЕНИЕ СМЫСЛОВОГО СОДЕРЖАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ

Т. Ф. Ельчищева, канд. техн. наук, доцент;

В. Е. Скляр, магистрант

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

Аннотация. Рассматривается роль архитектурной среды в психологическом и эмоциональном состоянии человека, важность гармонии форм, природной среды, функционала, цвета, освещения при создании архитектурных объектов. Показано, что архитектурное окружение может вызывать различные позитивные и негативные эмоции. Одним из ключевых понятий в современной архитектуре является понятие «нейроархитектура», которое объединяет архитектуру, нейробиологию и экологическую психологию. Комплексный подход к архитектуре с акцентом на эмоциональные и эргономические потребности человека способствует значительному улучшению качества его жизни и восприятия окружающего пространства.

Ключевые слова: архитектура, архитектурное окружение, нейроархитектура, архитектурные объекты, эмоциональное воздействие, функциональность, окружающая среда

Воздействие архитектуры на эмоциональное состояние человека является одним из ключевых факторов. Архитектурное окружение может вызывать различные эмоции, такие, как радость, покой, уют, или наоборот, вызывать стресс, дискомфорт и беспокойство. Все эти принципы позволяют создавать архитектурные объекты, которые способствуют благоприятному эмоциональному воздействию на людей. Одним из принципов, выделяемых в этих теориях, является гармония архитектурных форм и пропорций. Использование гармоничных пропорций и симметрии в архитектуре может создавать ощущение баланса и гармонии, что может способствовать положительному эмоциональному состоянию человека.

Ещё одним важным принципом является природная среда. Использование естественных материалов, больших окон для проникновения естественного света, создание связи с природой в виде зеленых насаждений или водных элементов может способствовать созданию уютной и спокойной атмосферы.

Немаловажны потребности людей в функциональности пространства. Создание комфортных и удобных помещений, адаптированных к различным потребностям, может способствовать положительному восприятию и эмоциональной удовлетворенности. Важным принципом является также использование цвета и освещения. Цвета могут вызывать различные эмоции, поэтому их правильный выбор и сочетание могут создавать нужную атмосферу. Освещение также играет роль в создании настроения.

Следовательно, использование этих принципов и акцентов может способствовать созданию архитектуры, нацеленной на улучшение эмоционального состояния. Это может быть особенно актуально в создании общественных пространств, таких как парки, торговые центры, офисы, где комфорт и эмоциональное благополучие посетителей являются важными факторами.

Данное направление уже изучалось Г. Б. Забельшанским, Г. Б. Минервиным, Д. О. Саймондсом, А. В. Иконниковым [1].

В настоящее время появилось такое определение, как «нейроархитектура». Это развивающаяся область, которая объединяет архитектуру, нейробиологию и экологическую психологию. Современная городская среда зачастую влияет на человека негативно, вызывает стресс и депрессию, снижает иммунитет. Поэтому назрела необходимость новых подходов к архитектурному проектированию. Данный вид деятельности осваивается современными архитекторами с целью выявления влияния на человека, его способности, поведение, здоровье, и в конечном счёте благополучие. Для этого выявляется роль каждого из чувств, а также их комплексное влияние, и на основе полученных знаний формируется архитектурная практика. Если понять, как человеком воспринимается окружающая среда, её влияние на нервную систему, то процессы архитектурного проектирования станут более выверенными и благоприятно влияющими на здоровье и самочувствие человека. Изучается опыт людей в таких контекстах, как: архитектура больниц, чтобы способствовать скорейшему выздоровлению пациента; офисных помещений – для повышения производительности труда и снижения стресса на рабочем месте, архитектура храмов. Для более точного изучения человеческих взаимоотношений с окружающей средой архитекторы взаимодействуют с нейробиологами. Впервые подобное сотрудничество было упомянуто в 2003 г. Академия нейробиологии архитектуры как первая организация, специализирующаяся на данной дисциплине, была сформирована тогда же. Существующие нейроархитектурные исследования, основанные на измерении субъективного восприятия эстетики: архитектуры обнаружили, что чем у здания более высокий социальный статус (например, правительственные или религиозные здания), тем большее они оказывают влияние на восприятие возвышенности, нежели здания низкого социального статуса (например, частные здания). Также исследования показывали, что люди воспринимали криволинейные пространства более благоприятно, нежели прямолинейные.

До структурного исследования нейроархитектуры учёные изучали психологические и поведенческие эффекты архитектурного опыта, зачастую интуитивно. В истории архитектурной практики и теории можно выделить три основных мотива: полезность, красота и сила. В разные исторические периоды баланс между этими тремя понятиями менялся.

Например, решения по пространственной архитектуре в египетских пирамидах или зиккуратах Месопотамии были основаны на верованиях о переходе в загробный мир. Древние греки, в свою очередь, вдохновлён-

ные египетской культурой, усовершенствовали своё понимание пространства, выраженное в их симметричной архитектуре с колоннами, но продолжали устанавливать значимые здания в особых местах. Подобный выбор мест остается распространенным способом строительства и сегодня.

На протяжении всей своей истории концепция архитектуры постоянно приближалась к мощному духовному статусу. Доминирующие города и значимые религиозные сооружения (капища, храмы и мечети) проектировались в соответствии с культурными представлениями, из чего следует, что архитектура, благодаря вышеперечисленным аспектам (полезность, сила и красота) воздействует на человека за пределами обычного материального мира. Метафизические представления долго диктовали дизайнерские решения, но в XIX в., когда наука и технология стали менее зависимыми от религии, картина изменилась. Произошёл поворот в сторону функциональных характеристик здания, в свою очередь, заставляя находить эстетическую составляющую в этом аспекте. Некоторые представители модернизма, вообще находили орнамент и искусство нефункциональными и избыточными. И строительная культура Европы, находясь под влиянием этих идей, зачастую обходилась без этих художественных дополнений. Вместо этого прослеживалась переориентация на характеристики здания (размеры окон, открытые пространства) и переосмысление городской инфраструктуры в соответствии с транспортными потоками. С одной стороны, просматривается прицел на функциональность, но с другой, выявляется ряд других предположений – например, Ле Корбюзье (1954 г.) заставил обратить внимание на психологическое и поведенческое воздействие архитектуры на человека.

Современная архитектура – это междисциплинарная область, использующая опыт других областей науки и, особенно, эргономику. Но до конца то, как именно спроектированная среда влияет на жизнь человека, остаётся загадкой и мало изучено в трудах учёных-архитектуроведов. Сыграть ключевую роль в этом призвана нейроархитектура.

В 2013 г. исследования Мартинес-Сото показали, что воздействие восстанавливающей среды (например, окружённых растительностью зданий) приводит к улучшению психоэмоционального состояния человека. В этой работе представлены опытные доказательства того, что архитекторы могут интегрировать в проект здания растительность для избежания стресса у потенциальных проживающих.

Среди текущих нейроархитектурных исследований можно выделить то, что большинство этих исследований ограничивается архитектурной эстетикой, не затрагивая другие аспекты архитектуры, такие как эргономика или функциональность. Поэтому архитектурный опыт невозможно приравнять к художественно-эстетическому опыту, поскольку последний является лишь одним из компонентов когнитивно-эмоционального измерения архитектуры. Сочетание эргономики с эстетикой представляет собой более полную картину восприятия архитектуры и воздействия её на человека. Второе же ограничение заключается в низкой экологической обосно-

ванности установленных методов визуализации мозга, которые сопряжены со значительными ограничениями в отношении мобильности человека. Экспериментальная архитектура и методы, которые позволяют участникам свободно исследовать созданную ими среду, обеспечат экологический учёт психологических и поведенческих феноменов, лежащих в основе взаимодействия человека и архитектуры. Для установления связи между архитектурой и нейробиологией необходимо проанализировать чувства человека.

Архитектурная практика, как правило, ориентирована на органы зрения, но М. Хейлиг, создатель первого в мире мультисенсорного устройства виртуальной реальности, действительно сделал значительный вклад в понимании того, что остальные чувства, хотя и имеют меньший вес в восприятии информации, но так же играют существенную роль. Современные архитекторы все чаще стремятся создать пространства, которые воздействуют на все органы чувств. Например, акустический дизайн становится важным аспектом, особенно в общественных зданиях, где звук может существенно влиять на комфорт и функциональность.

В. Рыбчинский подчёркивает важность тактильного восприятия в своей книге «Образ архитектуры»: «Хотя архитектура часто определяется с точки зрения абстракций, таких как пространство, свет и объём, здания – это прежде всего физические артефакты. Опыт архитектуры ощутим: текстура дерева, поверхность мрамора с прожилками, холодная точность стали, фактурный рисунок кирпича» [5]. Тактильные качества материалов могут вызывать эмоциональные реакции и создавать атмосферу, которая влияет на наше восприятие здания.

Текстуры и материалы, такие как дерево, мрамор или кирпич, не только эстетически привлекательны, но и добавляют глубину и сложность архитектурному произведению. Они могут вызывать ассоциации, напоминать о природе или традициях, а также влиять на ощущение уюта и безопасности.

Таким образом, внимание к тактильным аспектам в архитектуре может значительно обогатить опыт пользователя, делая его более многогранным и запоминающимся. Это подчеркивает важность комплексного подхода к архитектуре, который учитывает не только визуальные, но и физические качества пространства.

Обоняние и вкус менее распространены в архитектурном дизайне, но их использование может быть особенно актуально в ресторанах и культурных учреждениях. Например, создание определенной атмосферы через запахи или использование местных ингредиентов в меню может сделать опыт более запоминающимся.

Исходя из сказанного можно сделать вывод, что многосенсорный подход в архитектуре помогает создавать более гармоничные и привлекательные пространства для людей. И это должны иметь в виду адепты (от лат. *adeptus* – «достигший, помогающий») нейроархитектуры.

Несмотря на то, что нейроархитектура является процветающей сферой, в нейроархитектурных исследованиях существуют два методологических ограничения. Все существующие исследования в области архитектурной нейронауки в основном затрагивают эстетические аспекты различных архитектурных компонентов. Стандартные методы визуализации мозга обычно требуют неподвижности участников, что мешает естественному взаимодействию с их архитектурной средой. Понятия экологической психологии, такие как доступность и активное исследование, могут расширить горизонты исследовательских вопросов в нейроархитектуре, включая эргономику в архитектуре. Это расширение теоретических и эмпирических рамок нейроархитектурных исследований приводит к более полному пониманию. Т. е. как полезность, так и красота в архитектуре должны быть исследованы, включая анализ нейронных механизмов. Соответственно, вдохновленные несколькими эмпирическими исследованиями, определяются переменные в отношении архитектурной эргономики с точки зрения взаимодействующих свойств окружающей среды и физических возможностей человека, а также цикла «восприятие – действие» в ходе архитектурных исследований. Однако для визуализации динамики человеческого мозга во время активного исследования и взаимодействия с архитектурной средой требуются новые технологические решения.

Таким образом, всё чаще применяется интеграция экологической психологии с современными методами нейробиологии для проведения нейроархитектурных исследований. Это позволит расширить границы исследовательских вопросов в области нейроархитектуры и повысить экологическую обоснованность экспериментальной базы. Данный подход обещает привести к прогрессу в данной области исследований в архитектуре.

Список источников

1. Забельшанский Г. Б. Архитектура и эмоциональный мир человека / Г. Б. Забельшанский, Г. Б. Минервин, А. Г. Раппапорт и др. М.: Стройиздат, 1985. С. 112, 116–119, 150, 167.
2. Арнхейм Р. Искусство и визуальное восприятие / пер. с англ. М.: Прогресс, 1974. 61 с.
3. Саймондс Д. О. Ландшафт и архитектура. М.: Литература по строительству, 1965. С. 74–75.
4. Иконников А. В. Художественный язык архитектуры. М.: Искусство, 1985. 105 с.
5. Рыбчинский В. Городской конструктор. Идеи и города. Strelka Press, 2015. 127 с.
6. Корбюзье Л. На пути к новой архитектуре. 2013. 318 с.
7. Корбюзье Л. Модульность: гармоничная мера человеческого масштаба, универсально применимая к архитектуре и механике. 1954.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТИКА В ФОРМИРОВАНИИ КОМФОРТНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПРОЖИВАНИЯ

С. В. Качанова, аспирант

Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Аннотация. Целью исследования является изучение инструментов государственной политики в социальной сфере для формирования комфортной городской среды. Для исследования применялись методы статистического и экономического анализа. В ходе работы были проанализированы меры, направленные на улучшение качества жизни в городах, а также выявлены наиболее эффективные подходы к созданию благоприятной городской среды. Результаты исследования могут быть использованы органами власти при разработке и реализации социальной политики.

Ключевые слова: *государственная программа, жильё, государство, федеральные проекты, объекты капитального строительства, городская инфраструктура*

На сегодняшний день политика РФ направлена на решение социально-значимых задач, вызванных изменяющимися климатическими условиями, нестабильной политической обстановкой в мире, а также санкционным давлением на экономику. В первую очередь это касается социальной сферы, т. к. данная область является одной из самых чувствительных и в первую очередь реагирует на любые изменения как внутренней, так и внешней политики. Помимо поддержания стабильности экономики, необходимо внедрение мер стимулирующих её рост. В современных реалиях экономические и социальные факторы тесно переплетены между собой, но при этом являются двумя самостоятельными сферами, без которых невозможно существование общества. Одной из значимых базовых потребностей населения является обеспечение жилищными условиями. В целях удовлетворения общества жилищными условиями в РФ реализуется госпрограмма «Обеспечение доступным и комфортным жильём и коммунальными услугами граждан РФ», основной задачей которой является улучшение жилищных условий, увеличение объёма ввода жилья в эксплуатацию, повышение комфортности городской среды, а также ликвидация и расселение из непригодного для жизни жилищного фонда [1–3].

В целях достижения поставленных целей, национальным проектом утверждён перечень ключевых показателей, которые позволят отслеживать прогресс в реализации задач и обеспечить эффективное управление проектом (табл. 1).

Таблица 1

Целевые показатели госпрограммы «Обеспечение доступным и комфортным жильём и коммунальными услугами граждан РФ»

№	Показатель	Единица измерения	2022 г.		2023 г.	
			план	факт	план	факт
1	Объём жилищного строительства	млн м ²	80	103,7	85	110,4
2	Количество семей, улучшивших жилищные условия	млн семей	3,6	3,7	3,7	4,3
3	Количество граждан, расселённых из непригодного для проживания жилищного фонда (нарастающим итогом)	тыс. чел.	320,4	471,8	462,2	681,9
4	Площадь расселённого непригодного для проживания жилищного фонда (нарастающим итогом)	тыс. м ²	5 692,5	7 947,6	8 142,34	11 489,09
5	Прирост среднего индекса качества городской среды по отношению к 2019 г.	%	13	13	17	18
6	Доля населения, удовлетворённого жилищными условиями и услугами	%	50	68,3	–	–
7	Доля населения РФ, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения	%	87,6	87,8	88,1	88,6
8	Уровень обеспеченности населения доступными и качественными услугами ЖКХ	%	–	–	69	73

Анализ данных показывает, что фактические показатели достигают плановых значений, а в некоторых случаях даже опережают целевые установки. Однако необходимо отметить, что в разрезе субъектов динамика достижения показателей госпрограммы колеблется (табл. 2).

В ходе анализа достижения показателей госпрограммы заметна положительная динамика в 2023 г. в сравнении с аналогичными показателями 2022 г. Таким образом, показатель «Прирост среднего индекса качества городской среды по отношению к 2019 г.» в 2023 г. был достигнут в полном объёме. При этом важно отметить, что в 2022 г. процент отклонения значительно выше, чем в 2023 г. по аналогичным показателям. Это свидетельствует о том, что госпрограмма стала более эффективной в 2023 г. и успешно реализует свои цели по улучшению качества городской среды.

Таблица 2

Показатели реализации госпрограммы в разрезе субъектов РФ

Субъект РФ	Базовое значение	Плановое значение	Фактическое значение
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
2022 г.			
<i>Количество семей, улучшивших жилищные условия</i>			
Оренбургская обл.	0,061	0,063	0,048
Челябинская обл.	0,093	0,096	0,084
Воронежская обл.	0,069	0,071	0,06
<i>Площадь расселённого непригодного для проживания жилищного фонда (нарастающим итогом)</i>			
Приморский край	39,65	104,31	60,07
Кировская обл.	43,62	86,21	56,08
Тверская обл.	16,1	35,3	21,2098
<i>Доля населения РФ, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения</i>			
Томская обл.	88,8	90	79,5
Алтайский край	92,8	93,2	83,4
Чукотский АО	86,4	88,1	81
<i>Прирост среднего индекса качества городской среды по отношению к 2019 г.</i>			
Ростовская обл.	8	14	11
Еврейская АО	10	16	15
Приморский край	2,21	5,81	3,19
<i>Количество граждан, расселённых из непригодного для проживания жилищного фонда (нарастающим итогом)</i>			
Приморский край	2,21	5,81	3,19
Кировская обл.	2,44	4,81	3,35
Ленинградская обл.	3,91	6,86	6,06
2023 год			
<i>Доля населения РФ, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения</i>			
Респ. Ингушетия	72,8	76,9	70,1
Респ. Тыва	36,9	43,7	37,8
Ненецкий АО	56,3	63,2	57,49

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>Площадь расселённого непригодного для проживания жилищного фонда (нарастающим итогом)</i>			
Респ. Дагестан	2,64	17,52	7,18
Костромская обл.	33,41	92,33	83,363
Кабардино-Балкарская Респ.	17,22	27,47	20,8
<i>Количество семей, улучшивших жилищные условия</i>			
Красноярский край	0,086	0,091	0,079
Респ. Саха (Якутия)	0,025	0,025	0,016
Оренбургская обл.	0,061	0,064	0,055
<i>Количество граждан, расселённых из непригодного для проживания жилищного фонда (нарастающим итогом)</i>			
Респ. Дагестан	0,15	0,98	0,51
Кабардино-Балкарская Респ.	0,95	1,52	1,24
Респ. Хакасия	0,36	1,11	0,859

Несмотря на постоянное совершенствование механизмов реализации, в 2022–2023 гг. наблюдается неравномерность в достижении плановых значений по госпрограмме среди различных субъектов.

Разница между фактическими и плановыми показателями обусловлена как внутренними, так и внешними факторами. Среди внешних факторов можно выделить нестабильную геополитическую обстановку, в т. ч. последствия пандемии 2020 г., санкционное давление на экономику и ограничения на поставки сырья и материалов из-за рубежа.

Внутренние факторы, влияющие на отклонение от плановых показателей, включают снижение доходов населения в сочетании с повышением ключевой ставки, что ограничивает ипотечный потенциал. Переориентация на внутренний рынок в связи с неисполнением контрактов с зарубежными поставщиками в сжатые сроки привела к нарушениям в исполнении госконтрактов. Несовершенный управленческий аппарат в части принятия решений, а также координация действий между участниками и соучастниками, ответственными за общий результат достижения показателей [4].

Кроме того, к внутренним проблемам можно отнести неэффективность осуществления контроля за исполнением программы органами госвласти, а также органов контроля внутреннего и внешнего государственного финансового контроля.

Важно отметить проблему недостаточного вовлечения граждан в реализацию госпрограммы «Обеспечение доступным и комфортным жильём и коммунальными услугами граждан РФ», в т. ч. в части получения обратной связи. Это особенно актуально, учитывая социальную направленность программы.

Решая эту группу проблем, мы можем создать эффективную систему контроля и мониторинга за реализацией госпрограммы, которая будет включать в себя методы превентивного контроля, обеспечивая своевременное выявление и устранение рисков, а также повышая прозрачность и подотчётность процесса реализации программы.

Система будет основана на анализе фактических результатов, подтверждённых документами и предоставляемых в унифицированной форме на еженедельной основе, а также на анализе признаков и рисков, возникающих в процессе реализации программы. Она обеспечит формирование детализированной отчётности, позволяя своевременно корректировать ход реализации программы и оптимизировать её эффективность.

Кроме того, отсутствие барьеров в получении информации о ходе реализации программы и результатов мониторинга позволят не только органам госконтроля осуществлять качественное планирование и контроль за эффективным использованием бюджетных средств, но и с учетом общественного мнения принимать управленческие решения в целях наиболее лучшего достижения результата достижения целевых показателей.

В результате исследования проанализированы показатели по госпрограмме «Обеспечение доступным и комфортным жильём и коммунальными услугами граждан РФ», в т. ч. в разрезе субъектов РФ, а также выявлены наиболее рискоёмкие регионы, которым необходимо усилить контроль и координацию в целях совершенствования достижения ключевых показателей, установленных программой. Предложены пути решения проблем возникающих в ходе реализации госпрограммы «Обеспечение доступным и комфортным жильём и коммунальными услугами граждан РФ», полученные результаты могут быть исследованы и дальше в целях совершенствования механизмов реализации государственной политики.

Список источников

1. Ильин В. А. Национально ориентированная ротация элит – важнейшее условие реализации национальных проектов / В. А. Ильин, М. В. Морев // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2019. № 4. С. 9–25.

2. Одинцова А. Национальный проект «Жильё и городская среда» в системе пространственного развития России // Федерализм. 2019. № 4. С. 41–58.

3. Кожевников С. А. Жилищная проблема в современной России и пути её решения в рамках нацпроекта «Жильё и городская среда» // Вестник ЧелГУ. Сер.: Экономические науки. 2019. № 11. Вып. 67. С. 71–81.

4. Ольшанская М. В. Эффективность реализации государственных программ в строительстве // Глобальный научный потенциал. 2024. № 3 (156). С. 292–298.

СОЦИАЛЬНЫЙ НАЁМ КАК ИНСТРУМЕНТ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ДОСТУПНОГО ЖИЛЬЯ И ФОРМИРОВАНИЯ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ

Е. В. Кашина, д-р экон. наук, профессор;

Д. М. Емельянова, студент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Статья посвящена анализу программы социального найма жилья в России как инструмента решения проблемы доступности жилья и формирования комфортной городской среды. Рассматриваются основные достижения программы, а также выявляются существующие проблемы, такие как недостаток финансирования, неравномерное распределение ресурсов и бюрократические барьеры. В работе предлагаются рекомендации по повышению эффективности программы, включая увеличение бюджетного финансирования, оптимизацию процедур получения жилья и улучшение координации между властями. Реализация этих мер направлена на улучшение условий жизни граждан и создание социальной стабильности в крупных городах.

Ключевые слова: *социальный наём, доступное жилье, комфортная городская среда, проблемы, рекомендации, финансирование, бюрократические барьеры, социальная стабильность*

Вопрос доступности жилья в крупных городах остаётся одной из наиболее острых социальных проблем современности. Высокие цены на недвижимость и аренду, рост численности городского населения, а также ограниченные возможности большинства граждан по приобретению жилья создают значительные сложности для решения этой проблемы. Ситуация усугубляется экономическими факторами и неоднородностью распределения ресурсов, что ведёт к ухудшению условий жизни в городах и повышению социальной напряжённости.

Одним из инструментов, направленных на решение проблемы доступного жилья, является социальный наём. Программа социального найма предоставляет гражданам возможность аренды жилья на льготных условиях, что делает её важным механизмом для поддержки малоимущих слоёв населения и повышения качества жизни. В условиях крупных городов социальный наём может способствовать как снижению социальной напряжённости, так и формированию комфортной городской среды, где каждому жителю предоставляется шанс на достойное жильё [1].

В данной статье будет рассмотрено текущее состояние программы социального найма в России, проанализированы её основные аспекты, а также выявлены существующие проблемы и предложены рекомендации по их решению. Также будет рассмотрен вопрос, как программа социального найма может повлиять на создание комфортной среды для жизни в городах, что является одной из важнейших задач современной урбанистики и социального планирования.

Программа социального найма жилья в России за последние несколько лет получила значительное развитие. Основная цель этой программы – обеспечить доступное жилье для граждан, которые не могут приобрести его на рыночных условиях, а также улучшить качество жизни в крупных городах за счёт создания социальной стабильности. Однако существуют значительные различия в темпах реализации программы в различных регионах, что связано как с экономическими, так и с управленческими особенностями [2].

На основе собранных данных за последние пять лет можно выделить ключевые тенденции в развитии программы. Количество семей, получивших жилье по социальному найму, варьируется от региона к региону. Как видно из табл. 1, динамика предоставления жилья отличается: в одних регионах отмечается рост, в других – снижение темпов [3].

Таблица 1

Количество семей, получивших жильё
по договору социального найма за последние 5 лет

№	Субъект РФ	Единица измерения	Период				
			2019	2020	2021	2022	2023
1	Г. Москва	тыс. ед.	0,485	0,48	2,746	4,041	3,674
2	Ханты-Мансийский АО	тыс. ед.	2,499	2,49	1,736	1,523	2,016
3	Кемеровская обл.	тыс. ед.	1,351	1,32	1,138	1,448	1,591

Инвестиции, направленные на развитие программы социального найма, имеют ключевое значение для её успеха. Финансирование программы позволяет как строить новое жильё, так и поддерживать существующий фонд. Это напрямую влияет на общий объём доступного жилья и его качество. Однако в ряде регионов финансирование остается недостаточным, что ограничивает возможности программы. На рис. 1 показана динамика изменений количества предоставляемого жилья по социальному найму за последние 5 лет, что иллюстрирует региональные различия.

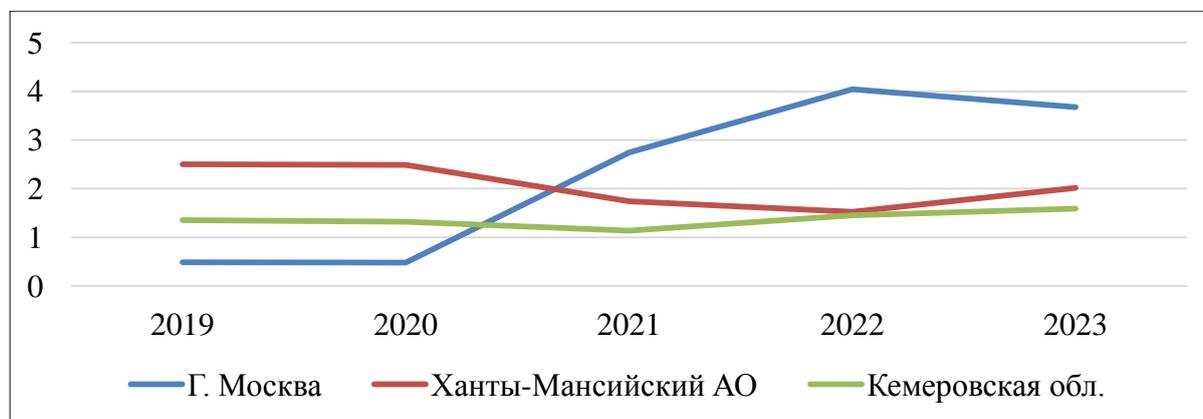


Рис. 1. Динамика изменений количества предоставляемого жилья по договору социального найма за последние 5 лет

Ценовая политика также играет важную роль в доступности программы. Как видно из табл. 2, средняя стоимость аренды по социальному найму остаётся значительно ниже рыночной, что делает её доступной для более широких слоёв населения. Однако в некоторых регионах наблюдается тенденция к повышению цен, что может стать дополнительным барьером для граждан [3].

Таблица 2

Средние цены на жильё по договору социального найма за последние 5 лет

Субъект РФ	Тип жилья	Стоимость за месяц, руб.				
		2019	2020	2021	2022	2023
Г. Москва	1-ком. квартира	4 800	5 400	5 750	5 900	6 500
	2-ком. квартира	6 800	7 300	7 950	8 100	8 800
	3-ком. квартира	9 500	10 200	10 300	10 950	11 700
Ханты-Мансийский АО	1-ком. квартира	2 200	2 600	2 950	3 400	3 600
	2-ком. квартира	4 200	4 800	5 200	5 600	5 900
	3-ком. квартира	7 400	7 900	8 000	8 500	8 700
Кемеровская обл.	1-ком. квартира	2 400	2 500	3 000	3 500	3 600
	2-ком. квартира	4 000	4 400	5 200	5 800	6 100
	3-ком. квартира	6 500	7 000	7 600	8 000	8 300

Таким образом, несмотря на положительные результаты программы, перед ней стоят серьёзные вызовы, связанные с нехваткой ресурсов и необходимостью улучшения организационных механизмов её реализации.

Программа социального найма жилья в России, несмотря на свои положительные результаты, сталкивается с несколькими серьёзными проблемами, которые ограничивают её эффективность. Одной из ключевых трудностей является недостаток финансирования, что приводит к ограниченному строительству нового жилья и снижению качества существующего жилого фонда. Кроме того, неравномерное распределение ресурсов по регионам создаёт дисбалансы в доступности социального жилья, что вызывает недовольство и усиливает социальную напряжённость.

Чтобы повысить эффективность программы, необходимо принять ряд мер. Во-первых, следует увеличить объём бюджетных средств, выделяемых на развитие социального найма. Это позволит сократить очередь на получение жилья и повысить удовлетворённость граждан. Во-вторых, важно оптимизировать бюрократические процедуры, упрощая процесс получения жилья для нуждающихся. Создание прозрачной и понятной системы, которая обеспечит быстрое получение информации, будет способствовать улучшению доступности программы [2].

Также необходимо усилить координацию между региональными и федеральными властями, чтобы обеспечить равномерное распределение ресурсов и адаптацию программы к потребностям каждого региона. Информационные кампании, направленные на повышение осведомлённости о возможностях социального найма, могут увеличить количество участников программы и улучшить её результаты.

В заключение, реализация предложенных рекомендаций может значительно повысить эффективность программы социального найма жилья. Устранение существующих проблем и внедрение новых подходов позволит не только улучшить условия жизни в крупных городах, но и создать комфортную городскую среду, где каждый гражданин сможет получить достойное жильё. Социальный наём – это важный шаг к обеспечению социальной стабильности и гармоничного развития городского пространства.

Список источников

1. Договор социального найма. URL: kontur.ru/reestro/blog/25288-dogovor_socialnogo_najma_kak_poluchit_kvartiru_ot_gosudarstva.
2. Шомина Е. С. Квартиросъёмщики – наше «жилищное меньшинство»: российский и зарубежный опыт развития арендного жилья. М.: ВШЭ, 2010. 362 с.
3. Официальная статистика. URL: rosstat.gov.ru/folder/10705.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОЙ СФЕРЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Д. А. Коман, магистрант;

И. А. Саенко, д-р экон. наук, доцент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются ключевые проблемы и перспективы развития системы материально-технического обеспечения (далее – МТО) в инвестиционно-строительной сфере деятельности на современном этапе. Проанализированы факторы, обуславливающие необходимость трансформации механизмов снабжения. Предложены пути оптимизации МТО инвестиционно-строительных проектов и процессов.

Ключевые слова: *материально-техническое обеспечение, инвестиционно-строительная деятельность, проект, процесс, логистика, цифровизация*

Эффективность реализации инвестиционно-строительных проектов в значительной степени определяется качеством функционирования системы МТО. Своевременность и комплектность поставок, оптимизация логистических издержек, контроль качества поставляемых ресурсов, синхронизация материальных потоков с графиком производства работ – все эти аспекты напрямую влияют на сроки, бюджет и качество создаваемой строительной продукции [1]. Между тем анализ текущего состояния МТО в инвестиционно-строительной сфере деятельности выявляет целый ряд проблемных зон, препятствующих полноценной реализации потенциала этой важнейшей функции в управлении проектами и деятельности предприятий и организаций, занятых в этой сфере экономики.

Действующая система МТО в инвестиционно-строительной сфере изначально формировалась в условиях плановой экономики и во многом продолжает нести на себе отпечаток прошлого. Традиционные методы и инструменты системы МТО всё чаще демонстрируют свою неадекватность новым экономическим реалиям, характеризующимся высокой турбулентностью рыночной среды, ускорением инвестиционно-строительного цикла, повышением вариативности ресурсных моделей проектов, цифровой трансформацией бизнес-процессов. В этих условиях на повестку дня встаёт задача глубокого реинжиниринга всей системы МТО в инвестиционно-строительной сфере на основе передовых управленческих концепций и информационных технологий.

Организация эффективного МТО в процессе инвестиционно-строительной деятельности, особенно на стадии выполнения работ на строительной площадке, объективно сопряжена с рядом серьёзных трудностей, обусловленных спецификой этого вида экономической деятельности.

В их числе – уникальность возводимых объектов и нестационарность производственных процессов, неоднородность и разнообразие потребляемых ресурсов, динамический характер потребностей в увязке с фазами строительства, территориальная распределённость строительных площадок и нестабильность условий транспортировки [2]. Учёт этих особенностей требует применения гибких логистических технологий, основанных на тщательной координации и интеграции всех звеньев цепей поставок.

Магистральной проблемой действующей системы МТО в инвестиционно-строительной сфере является недостаточное качество планирования закупочной деятельности. Эмпирические исследования показывают, что во многих строительных организациях до сих пор преобладает практика формирования планов снабжения исходя из укрупненных нормативов расхода материалов, без должной увязки с графиками производства работ и спецификой конкретных инвестиционно-строительных проектов. Результатом становится рассогласование входящих и исходящих материальных потоков, ведущее к образованию сверхнормативных запасов одних ресурсов и дефициту других [3]. Преодоление этой проблемы требует внедрения методологии интегрированного планирования цепей поставок, обеспечивающей выстраивание планов закупок на основе детального расчёта и моделирования потребности в увязке с динамикой хода реализации отдельных инвестиционно-строительных проектов.

Другим узким местом является недостаточный уровень цифровизации процессов МТО в инвестиционно-строительной сфере. Несмотря на активное развитие *ВИМ*-технологий в целом в этой сфере, инструменты информационного моделирования слабо применяются в системе МТО, и в работе строительных организаций до сих пор велика доля «ручных» операций – от обработки заявок до организации доставки и приемки материалов. Слабая автоматизация документооборота, фрагментарность информационных систем, отсутствие сквозной прослеживаемости движения ресурсов – всё это негативно сказывается на скорости и качестве логистических процессов [4]. Очевидно, что строительным компаниям необходимо активизировать процессы цифровой трансформации МТО, включая создание единой информационной платформы управления снабжением, интегрированной с ИТ-ландшафтом организации и охватывающей все этапы жизненного цикла материалов.

Серьёзным барьером на пути роста эффективности МТО остаются и проблемы в области профессиональных компетенций. Результаты опросов показывают, что значительная часть специалистов, занятых в сфере МТО строительства, не в полной мере владеет современным инструментарием планирования ресурсов, управления запасами, организации закупок, испытывает трудности в работе с информационными системами [5]. В условиях цифровизации и интеллектуализации строительного производства требования к квалификации специалистов неуклонно возрастают, и в т. ч. необходима модернизация системы подготовки и переподготовки кадров для служб МТО, предполагающая освоение инновационных ком-

петенций в сферах логистического менеджмента, управления цепями поставок, анализа больших данных.

Значительный резерв повышения эффективности МТО кроется в развитии интеграционных процессов в инвестиционно-строительной сфере. Как показывает практика, цепочки поставок до сих пор выстраиваются участниками инвестиционно-строительных проектов обособленно, без должного обмена информацией и координации действий. Это порождает функциональные разрывы, конфликты интересов, дублирование операций [6]. Решение проблемы лежит на пути реализации концепции интегрированного управления МТО, предполагающей синхронизацию логистической деятельности всех контрагентов на базе единых стандартов, регламентов и информационных систем. Только так можно устранить барьеры на пути движения материальных потоков и высвободить синергетический эффект взаимодействия.

Поиск путей развития системы МТО в инвестиционно-строительной сфере должен вестись одновременно по нескольким ключевым направлениям:

- внедрение методологии интегрированного планирования закупок и поставок, обеспечивающей динамическую увязку планов снабжения с планами строительного производства и инжиниринга на основе сквозных информационных моделей проектов;

- комплексная цифровизация процессов МТО, создание единой платформы управления снабжением, интегрированной с информационными системами строительной организации и партнеров по кооперации;

- трансформация системы подготовки кадров для служб снабжения, реализация программ формирования ключевых компетенций в области управления цепями поставок, логистического инжиниринга, интеллектуального анализа данных;

- развитие механизмов вертикальной и горизонтальной интеграции участников инвестиционно-строительного процесса, формирование организационно-экономических и информационно-технологических предпосылок для синхронизации и координации логистической деятельности.

Только на основе комплексного подхода, органически сочетающего лучшие управленческие практики и передовые информационные технологии, можно обеспечить соответствие системы МТО объективным требованиям времени. Снабжение должно превратиться из зоны непроизводительных издержек и упущенных возможностей в источник формирования добавленной стоимости и конкурентных преимуществ строительного бизнеса. При этом крайне важно, чтобы оптимизация МТО не замыкалась в рамках отдельных компаний, а осуществлялась в общеотраслевом масштабе, становясь катализатором интеграционных процессов в инвестиционно-строительной сфере.

Резюмируя вышесказанное, можно констатировать, что решение проблем МТО является одним из ключевых факторов повышения эффективности и конкурентоспособности строительной отрасли в новых эконо-

мических и технологических реалиях. Назрела необходимость масштабной трансформации всей системы МТО, охватывающей процессы планирования, организации закупочной деятельности, управления запасами, транспортной логистики, интеграции контрагентов. Такая трансформация должна производиться на основе синтеза передовых управленческих концепций и цифровых инструментов, адаптированных к специфическим условиям строительного производства.

Безусловно, этот процесс не будет простым и быстрым. Он потребует значительных инвестиций, серьёзных организационных изменений, интенсивного наращивания компетенций. Потребуется преодолеть инерцию традиционных подходов, неизбежное сопротивление инновациям, дефицит квалифицированных кадров. Однако, стоит отметить, что в конечном счёте перевод системы МТО в инвестиционно-строительной сфере на качественно новую ступень развития во многом определяет стратегические перспективы этого сектора экономики. МТО должно сыграть роль катализатора прогрессивных изменений, обеспечивающих рост производительности, сокращение сроков, снижение себестоимости, повышение качества строительной продукции. Иного пути нет – в противном случае существенно возрастает риск безнадежно отстать от лидеров глобального инновационного развития всей экономики страны.

Список источников

1. Зверева Е. В. Анализ методов управления ресурсами проекта строительного предприятия / Е. В. Зверева, А. Н. Марченко // Экономика и бизнес: теория и практика. 2023. С. 18–22.
2. Опекунов В. А. Исследование существующей системы материально-технического обеспечения в строительстве / В. А. Опекунов, Т. С. Мартиросян // Вестник университета. 2016. № 11. С. 97–99.
3. Карслян Ш. А. Особенности модели интегрированного планирования для промышленного производства // Инновации и инвестиции. 2020. № 5. С. 112–115.
4. Половникова Н. А. Цифровизация в строительстве в России // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. С. 102–105.
5. Вартазарова А. Э. Организация материально-технического обеспечения в строительстве // Молодой учёный. 2014. № 19 (78). С. 275–277.
6. Шишинов А. М. Мероприятия, направленные на повышение эффективности материально-технического обеспечения предприятий строительной отрасли / А. М. Шишинов, Л. Р. Шишинова // Вестник науки. 2021. С. 61–65.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ИНДИКАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В ХОДЕ ПЛАНИРОВАНИЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ

С. Ю. Король, аспирант

Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Аннотация. Реализация индикативного планирования в различных странах формировалась на основе экономической и политической модели страны. Вопросы планирования и осуществления качественного капитального ремонта объектов с целью повышения качества жизни населения страны являются актуальными из года в год. Региональная программа капитального ремонта в РФ формируется на период долгосрочного характера – 30 лет и актуализируется каждый год. Для того чтобы реализация региональной программы капитального ремонта многоквартирных домов (далее – МКД) достигала высоких показателей количества МКД, в которых капитальный ремонт проведен, и количества человек, условия проживания которых улучшились, целесообразно использовать при планировании ремонтных работ элементы индикативного планирования, что тем самым позволит достичь целей и задач госпрограмм, таких как Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства РФ на период до 2030 г. с прогнозом до 2035 г., а также Национального проекта «Жильё и городская среда».

Ключевые слова: *индикативное планирование, планирование капитального ремонта, региональный оператор, социально-экономическое развитие, стратегическое планирование*

Процессы планирования и проведения капитального ремонта МКД находятся в сфере ответственности регионального оператора, который, в соответствии с российским законодательством, формируется представителем исполнительной власти субъекта РФ. Исходя из данной особенности модели осуществления капитального ремонта МКД целесообразно говорить о такой организации рассматриваемого процесса, при которой достигается согласие между основными его участниками. Признанным в управлении инструментом, позволяющим достичь согласованности участников процесса, является индикативное планирование. Целью настоящего исследования является определение возможности применения элементов индикативного планирования в ходе планирования капремонта МКД [1].

Суть применения модели индикативного планирования заключается в разработке системы показателей развития (индикаторов) объекта исследования, содержание которой зависит от предмета исследования. Как правило, модель применяется для планирования процессов социально-экономического развития, и значимую роль в её формировании играют национальные приоритеты и стратегические цели развития государства. В развитых странах (страны Европы, Япония, Китай, США, Канада)

эта модель получила довольно широкое распространение, однако стоит отметить, что в странах, в которых активно применяется индикативное планирование, имеются существенные отличия в сторону вовлечённости экономических субъектов в плановые процессы. Например, во Франции формирование индикативного плана осуществляется на демократической основе и ориентировано в основном на инвестиционный процесс. Модель индикативного планирования в Японии отличается гибкостью в зависимости от сложившихся внешних и внутренних условий страны и социально-экономические ориентиры на уровне государства являются рекомендательными, но не носят всеобщий характер. Таким же адаптивным характером отличается модель индикативного планирования в США. Система индикативного планирования, сформированная в Китае, напротив, носит всеобщий характер и относится ко всему хозяйству страны: планы развития отраслей и регионов выступают составными элементами госплана Китая [2].

Такой многоуровневый подход к планированию и управлению является и более близким для России, её отраслям и отдельным хозяйствующим экономическим субъектам. Федеральным законом № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в РФ» закрепляется порядок последовательности разработки и взаимосвязи документов стратегического планирования и содержащихся в них показателей, а также порядок формирования на этой основе системы целевых показателей [5]. Схематично стратегическое индикативное планирование можно представить в виде рис. 1. Однако, по мнению ряда исследователей [2–4], несмотря на то, что понятие индикативного планирования не является новым для России, концептуальные и методические подходы к его осуществлению ещё не сформировались в должной степени. Вместе с тем эксперты отмечают, что именно индикативное планирование должно стать основным инструментом достижения национальных целей социально-экономического развития страны и улучшения качества жизни населения [2–4].



Рис. 1. Стратегическое индикативное планирование

Процессы планирования и осуществления капитального планирования МКД можно также отнести к социально-экономическим процессам государственного уровня, поэтому подход с позиций индикативного планирования можно наблюдать и при осуществлении капитального ремонта МКД: стратегические концепции долгосрочного (в процессах планирования капитального ремонта – 30 лет) и среднесрочного (в программе капитального ремонта – это краткосрочные планы на 3 года) планирования реализуются через годовые планы, которые играют роль обратной связи, затем интегрируются в практические планы с конкретными задачами и показателями [1].

Таким образом, в России применение элементов индикативного планирования имеет перспективу, в связи с чем разработка методических основ его формирования приобретает особое значение. Актуальным этот вопрос остается и в контексте применения элементов индикативного планирования в ходе осуществления процессов капитального ремонта МКД, в связи с чем в перспективных исследованиях целесообразно остановиться на формировании методического обеспечения и инструментария индикативного планирования по отношению к планированию работ по капитальному ремонту МКД.

Список источников

1. Глазкова В. В. Анализ практики реализации региональных программ капитального ремонта жилых зданий / В. В. Глазкова, С. Ю. Король // Экономика и управление: проблемы, решения. 2024. Т. 6 (144). № 3. С. 99–105.
2. Иванникова А. А. Государственное планирование в Японии, Франции и Южной Кореи: полезный опыт для России? / А. А. Иванникова, И. Д. Удалов // Вопросы инновационной экономики. 2023. Т. 13. № 4. С. 1 881–1 898. DOI: 10.18334/vines.13.4.119295.
3. Смирнова О. О. Формирование отечественной модели индикативного планирования // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2020. № 3. С. 266–269.
4. Смирнова О. О. Стратегическое индикативное планирование: принципы и возможности применения // Инновации. 2020. № 6 (260). С. 17–21.
5. О стратегическом планировании в РФ: Федер. закон № 172-ФЗ от 28.06.2014.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СБАЛАНСИРОВАННОСТИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОДСИСТЕМ В ПРОЕКТАХ КОМПЛЕКСНОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

П. Н. Костылев, аспирант

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Цель работы – разработка методики оценки сбалансированности социально-экономических подсистем в проектах развития городских территорий. Методика основана на комплексном анализе ключевых экономических и социальных индикаторов с использованием методов нормирования показателей и расчета интегральных индексов. В результате исследования предложен интегральный показатель сбалансированности (ИПС) и коэффициент сбалансированности, позволяющие количественно оценить степень гармоничности развития городской территории. Апробация методики на примере Красноярска показала её эффективность в выявлении сильных сторон и потенциальных направлений для улучшения городского развития. Разработанный подход может служить инструментом для принятия обоснованных решений в области городского планирования и управления проектами комплексной жилой застройки.

Ключевые слова: *городское развитие, комплексная жилищная застройка, социально-экономическая сбалансированность, интегральный показатель, управление проектами, устойчивое развитие территорий*

Современные города сталкиваются с множеством вызовов, среди которых особое место занимает необходимость обеспечения сбалансированного развития социальной и экономической сфер [1]. В условиях растущей урбанизации и усиливающейся конкуренции между городами за ресурсы и человеческий капитал, достижение баланса между экономическим ростом и социальным благополучием становится критически важным фактором устойчивого развития городских территорий [2]. Существующие подходы к оценке проектов развития городских территорий зачастую не учитывают комплексного взаимодействия социальных и экономических факторов, что может приводить к дисбалансу в развитии города. Это создаёт потребность в разработке новых методических подходов, позволяющих оценивать и управлять проектами развития территорий комплексной жилой застройки с учётом их влияния на различные аспекты городской жизни.

Цель данного исследования – разработка методики оценки сбалансированности социально-экономических подсистем в проектах развития городских территорий. Предлагаемая методика призвана обеспечить инструментарий для принятия более обоснованных решений в области городского планирования и управления, учитывающих как экономическую эффективность, так и социальную значимость проектов развития.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью комплексного подхода к оценке проектов развития городских территорий, который бы отвечал интересам всех ключевых стейкхолдеров: городских властей, бизнеса и населения. Разработка такой методики особенно важна в контексте реализации концепции комплексного развития территорий (КРТ) и применения механизмов государственно-частного партнёрства (ГЧП) в городском развитии.

Предлагаемая методика оценки сбалансированности социально-экономических подсистем в проектах развития городских территорий основана на комплексном анализе ключевых индикаторов, отражающих состояние и взаимодействие социальной и экономической сфер городского развития. В основе методики лежит идея о том, что устойчивое развитие города возможно только при гармоничном сочетании экономического роста и повышения качества жизни населения.

Для оценки экономической подсистемы предлагается использовать следующие индикаторы: инвестиции в основной капитал на душу населения, уровень занятости населения, доля малого и среднего бизнеса в экономике города и производительность труда [3]. Эти показатели позволяют оценить инвестиционную привлекательность города, состояние рынка труда, развитие предпринимательства и общую эффективность городской экономики. Социальная подсистема оценивается с помощью таких индикаторов, как обеспеченность жильём ($\text{м}^2/\text{чел.}$), доступность социальной инфраструктуры (школы, больницы), уровень благоустройства городской среды и индекс качества жизни [4]. Эти показатели отражают ключевые аспекты социального благополучия городского населения и качества городской среды. Важно отметить, что предложенный набор индикаторов может быть адаптирован с учётом специфики конкретного города. Например, для промышленных городов может быть целесообразным добавить индикаторы экологической нагрузки, а для туристических – показатели развития туристической инфраструктуры. Такая гибкость позволяет учитывать уникальные особенности и приоритеты развития различных городов.

Для обеспечения сопоставимости разнородных показателей в методике применяется процедура нормирования с использованием метода линейного масштабирования. Это позволяет привести все показатели к единой шкале от 0 до 1, где 1 соответствует наилучшему значению показателя в выборке, а 0 – наихудшему. На основе нормированных значений индикаторов рассчитываются частные индексы для экономической и социальной подсистем как среднее арифметическое соответствующих показателей. Затем вычисляется интегральный показатель сбалансированности (ИПС) как среднее геометрическое частных индексов. Такой подход позволяет учесть взаимное влияние экономической и социальной сфер и получить комплексную оценку развития городской территории.

Дополнительно рассчитывается коэффициент сбалансированности, который показывает степень равномерности развития экономической и социальной подсистем. Значение коэффициента, близкое к 1, указывает на высокую степень сбалансированности, в то время как значения, близкие к 0, свидетельствуют о наличии существенных дисбалансов в развитии города.

Для демонстрации практического применения методики был проведён расчёт для Красноярска. На основе гипотетических статистических данных были рассчитаны нормированные значения всех индикаторов, частные индексы для экономической и социальной подсистем, а также интегральный показатель сбалансированности и коэффициент сбалансированности [5]. Результаты расчётов показали, что ИПС для Красноярска составляет 0,7424, что указывает на довольно высокий уровень развития города. При этом коэффициент сбалансированности равен 0,9764, что свидетельствует о высокой степени сбалансированности между экономической и социальной подсистемами. Такой результат говорит о том, что город демонстрирует хорошие показатели развития с небольшим преимуществом экономической сферы над социальной. Анализ отдельных показателей позволил выявить, что наименьшие нормированные значения имеют такие показатели как доля малого и среднего бизнеса в экономике города (0,68) и уровень благоустройства городской среды (0,70). Это указывает на необходимость уделить особое внимание развитию предпринимательства и улучшению качества городской среды при разработке стратегий развития Красноярска. В то же время город демонстрирует высокие показатели по уровню занятости населения (0,82) и производительности труда (0,79), что создаёт хорошую базу для дальнейшего экономического роста.

Разработанная методика оценки сбалансированности социально-экономических подсистем в проектах развития городских территорий вносит существенный вклад в развитие методических подходов к оценке и управлению проектами комплексной жилой застройки. Её основными преимуществами являются комплексность оценки, гибкость и адаптивность к специфике различных городов, возможность количественной оценки сбалансированности развития, практическая применимость и потенциал использования в качестве основы для мониторинга городского развития. Предложенный подход позволяет не только оценивать текущее состояние городских территорий, но и служит инструментом для выявления дисбалансов в развитии, определения приоритетных направлений для инвестиций и разработки сбалансированных стратегий городского развития. Это особенно важно в контексте реализации концепции комплексного развития территорий и применения механизмов государственно-частного партнёрства, где согласование интересов различных стейкхолдеров играет ключевую роль.

Применение данной методики может способствовать более эффективному управлению проектами развития территорий комплексной жилой застройки за счет обеспечения лиц, принимающих решения, объективной

и комплексной информацией о состоянии городских подсистем. Это, в свою очередь, может привести к более обоснованному распределению ресурсов и повышению качества жизни городского населения. Дальнейшие исследования в этой области могут быть направлены на расширение набора индикаторов, в частности, включение экологических показателей, что позволит учесть аспекты устойчивого развития в более широком контексте [6]. Также перспективным направлением является разработка методов прогнозирования изменений интегрального показателя сбалансированности в зависимости от реализуемых проектов развития территорий, что может стать ценным инструментом для стратегического планирования городского развития [7].

В заключение стоит отметить, что предложенная методика, несмотря на свою комплексность, является лишь одним из инструментов в сложном процессе управления городским развитием. Её эффективное применение требует сочетания с другими методами анализа и принятия решений, а также учёта качественных факторов, не поддающихся прямой количественной оценке. Тем не менее данный подход представляет собой важный шаг в направлении более сбалансированного и устойчивого развития городских территорий.

Список источников

1. Зубаревич Н. В. Города как центры модернизации экономики и человеческого капитала // *Общественные науки и современность*. 2010. № 5. С. 5–19.
2. Глазычев В. Л. *Город без границ*. М.: Территория будущего, 2011. 400 с.
3. Лексин В. Н. *Государство и регионы: теория и практика государственного регулирования территориального развития* / В. Н. Лексин, А. Н. Швецов. М.: URSS, 2016. 368 с.
4. Ильина И. Н. Качество городской среды как фактор устойчивого развития муниципальных образований // *Экономика и управление народным хозяйством*. 2015. № 5 (126). С. 69–82.
5. Вахрушева М. А. Институциональные факторы развития малого предпринимательства в муниципальных образованиях / М. А. Вахрушева, Т. В. Игнатова // *Государственное и муниципальное управление. Учёные записки*. 2015. № 3. С. 33–38.
6. Бобылев С. Н. Устойчивое развитие крупнейших городов и мегаполисов: фактор экосистемных услуг / С. Н. Бобылев, Б. Н. Порфирьев // *Вестник МГУ. Сер. 6: Экономика*. 2016. № 6. С. 3–21.
7. Саенко И. А. Методические и практические аспекты оценки объектов жилой недвижимости по степени комфортности / И. А. Саенко, Л. Р. Ахметова // *Экономика и предпринимательство*. 2018. № 8 (97). С. 1 267–1 270.

ИНТЕГРАЦИЯ ESG-ПОДХОДА В ДЕВЕЛОПМЕНТ ЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ

Е. В. Крелина, старший преподаватель
Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В последние годы устойчивое строительство и внедрение ESG-принципов становятся важными аспектами стратегического планирования в сфере девелопмента жилой недвижимости. В статье рассмотрены основные факторы, выступающие барьерами и стимулами для развития «зелёного» жилищного строительства. Интеграция ESG-факторов в стратегию девелопмента многоквартирных жилых домов способствует созданию более безопасных и комфортных условий для жизни людей, а также позволяет компаниям занять лидирующие позиции на рынке. Успешные девелоперы, которые активно внедряют эти принципы в свою деятельность, не только способствуют улучшению экологической ситуации, но и создают долгосрочную ценность для своих клиентов и инвесторов.

Ключевые слова: *девелопмент, устойчивое развитие, ESG-подход, жилищное строительство, барьеры, стимулы*

Термин «устойчивое развитие» был официально утвержден на Генеральной Ассамблее ООН в 1987 г. в рамках доклада «Наше общее будущее» [1]. Устойчивое развитие подразумевает такое прогрессирующее, которое удовлетворяет потребности текущего поколения, не ставя под угрозу возможности будущих поколений удовлетворять свои собственные нужды. Это концепция требует гармоничного взаимодействия трёх ключевых аспектов: охраны окружающей среды, экономического роста и социальной справедливости. В современном контексте устойчивое развитие также включает в себя вопросы изменения климата, биоразнообразия и равенства, что подчёркивает необходимость комплексного подхода к решению глобальных вызовов.

Строительная отрасль, формируя современное урбанизированное городское пространство, неизбежно воздействует на окружающую природную среду и качество жизни людей. Из 17 взаимосвязанных целей устойчивого развития ООН, ключевая для девелоперов – устойчивые города и населённые пункты, которая отчётливо связана ещё как минимум с пятью: здоровье, качественное образование, чистая вода, чистая энергия, инфраструктура и инновации, ответственное потребление и производство.

Исторически концепция устойчивого развития в жилищном строительстве начала формироваться в начале 2000-х гг., когда инвесторы начали осознавать важность методологии для долгосрочной прибыли, в т. ч. под влиянием иностранных инвесторов. Это выразилось в акценте на энергоэффективные технологии, устойчивые материалы и создание комфортной городской среды, однако не носило массового характера.

В 2021 г. была утверждена Стратегия социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. [2], которая выступает основным документом стратегического планирования в области низкоуглеродного развития экономики в условиях изменения климата. В качестве инструментов реализации Стратегии в жилищном строительстве предполагаются мероприятия, представленные на рис. 1.

На этапе проектирования и строительства	На этапе эксплуатации
<ul style="list-style-type: none"> • повышение эффективности систем теплоснабжения, теплохолодоснабжения (в т. ч. за счёт использования низкопотенциального тепла грунта) • внедрение высоких стандартов энергоэффективности новых зданий (классы А, А+), в т. ч. с учётом использования энергоэффективного остекления и систем электроснабжения 	<ul style="list-style-type: none"> • контроль за выполнением требований энергетической эффективности, предусмотренных в проектной документации ОКС • разработка критериев, определяющих необходимость оборудования зданий индивидуальными тепловыми пунктами и автоматизированными узлами управления отоплением • вывод из эксплуатации и замена изношенного неэнергоэффективного жилого фонда

Рис. 1. Мероприятия стратегического развития жилищного строительства с низким уровнем выбросов парниковых газов

Реализация данных стратегических мер требует изменения подходов к жилищному строительству, в т. ч. реинжиниринга бизнес-процессов девелоперских организаций на всех этапах жизненного цикла здания в рамках ESG-подхода, который предполагает ответственное отношение к окружающей среде, высокую социальную ответственность, должное качество корпоративного управления за счёт рационализации ресурсов и возможностей, т. к. это способствует созданию более устойчивых и качественных жилых пространств и удовлетворённости жильцов, а также отвечает на вызовы современности. Отметим, что это не только одна из приоритетных государственных задач, но и базовый запрос потребителя возрастной категории 18–25 лет, которые в настоящее время выходят на рынок покупки и аренды жилья.

В табл. 1 представлены основные аспекты ESG-подхода в девелопменте жилой недвижимости.

Таблица 1

Основные аспекты *ESG*-подхода в девелопменте жилой недвижимости

Экологические (E)	Социальные (S)	Управленческие (G)
Проектирование и строительство энергоэффективных зданий, в т. ч. с использованием возобновляемых источников энергии	Сообщество и вовлечённость местных жителей в процессе планирования и разработки проектов	Прозрачность в управлении проектами, соблюдение этических стандартов и норм законодательства
Управление земельными, воздушными, водными ресурсами, сохранение биоразнообразия	Обеспечение мобильности и доступности жилья для различных слоёв населения	Оценка и управление рисками, связанными с экологическими и социальными аспектами, включая адаптацию к климатическим изменениям
Применение методов возведения зданий и сооружений, способствующих минимизации негативного воздействия на окружающую среду	Создание комфортной и безопасной городской среды с доступом к общественным пространствам, паркам и инфраструктуре	Ведение отчётности по <i>ESG</i> -показателям и регулярный мониторинг их выполнения для оценки эффективности и выявления областей для улучшения
Разработка программ по уменьшению объёмов производимых отходов, а также их переработка и повторное использование	Создание рабочих мест и обеспечение справедливых условий труда	Поощрение внедрения новых технологий и подходов, направленных на улучшение устойчивости проектов
Использование «зелёных» технологий, способствующих экологической устойчивости	Поддержка местных сообществ через инициативы (благотворительные программы или инвестиции в местную экономику)	
Адаптивное повторное использование жилых домов		

В России внедрение *ESG*-практик в девелопменте происходит неравномерно и в основном характерно для крупных застройщиков, реализующих проекты строительства жилья класса «бизнес» и выше. На октябрь 2024 г. в *ESG*-рейтинг экологической и социальной ответственности рейтингового агентства «Эксперт РА» [3] включены всего две девелоперские компании (ПАО «ГК «Самолёт»», рейтинг *ESG*-II(b) и *ESG*-A – очень высокий, ООО «Главстрой», рейтинг *ESG*-III(c) и *ESG*-BB – высокий), в *ESG*-индекс российского бизнеса рейтингового агентства НКР [4] – две компании (ПАО «ГК «Самолёт»», уровень I – высокий, АО «ГК «Эталон»», уровень II – выше среднего), *ESG*-рейтинг рейтингового агентства АКРА [5] – одна компания (ПАО «ГК «Самолёт»», уровень *ESG*-AA – очень высокий).

Проведённый анализ показывает относительно невысокую вовлечённость строительного сектора экономики в повестку устойчивого развития (применяют все три аспекта *ESG*-подхода всего два девелопера из 2 828, осуществляющих строительство в РФ), что во многом объясняется закрытостью информации в целом и в отношении экологических и социальных рисков в частности, а также отсутствием принятой в российских девелоперских компаниях *ESG*-политики.

Многие из девелоперов массового жилья фокусируются лишь на одном или двух из трех принципов, таких как энергоэффективность и снижение углеродного следа, а также социальных аспектах, включая создание комфортной городской среды и поддержку местных сообществ. Также в качестве барьера можно отметить тот факт, что чтобы достичь максимального уровня экологической ответственности, девелоперам необходимо сформировать пул надежных подрядчиков, которые также придерживаются принципов устойчивого развития, в т. ч. организовать закупку современного оборудования с минимальным углеродным следом и использовать экологически чистые материалы, что в условиях санкционных ограничений потребовало значительных усилий и изменения сложившихся логистических схем.

Серьёзным барьером также становятся финансовые ограничения и консерватизм взглядов. Внедрение *ESG*-принципов требует значительных первоначальных инвестиций, в т. ч. в изменение бизнес-модели девелопера, притом что многие из них, особенно региональные, ориентированы на быструю прибыль и не готовы менять свои подходы ради долгосрочных экологических или социальных выгод. Такие инвестиции воспринимаются как рискованные, которые могут не оправдать себя в краткосрочной перспективе, особенно в условиях российской и глобальной экономической нестабильности.

Но основным вызовом для успешного повсеместного внедрения *ESG*-повестки в девелопменте жилой недвижимости в России остаётся отсутствие модели системного взаимодействия между отдельными застройщиками и муниципальными властями. Девелоперы часто ограничены рамками своих земельных участков, что затрудняет реализацию более широких инициатив в области «зелёного» строительства. В то же время муниципальные власти как главные заинтересованные стороны в активном внедрении низкоуглеродной политики играют ключевую роль в формировании условий для устойчивого развития городской экономики.

Среди факторов, стимулирующих применение *ESG*-подходов в девелопменте жилой недвижимости, можно отметить внедрение в 2022 г. национального стандарта «зеленого» строительства многоквартирных жилых домов, разработанного ДОМ.РФ совместно с Минстроем России. В документе представлен 81 критерий: 37 обязательных и 44 добровольных в 10 категориях [6]. Здания, получившие сертификат соответствия ГОСТ Р 70 346-2022, будут наделены статусом проектов устойчивого развития.

Согласно данным ЕИСЖС на октябрь 2024 г. [7] предварительно соответствуют «зелёным» критериям, определяемым автоматически по данным проектной декларации, таким как доступность инфраструктуры, спортивные и детские игровые площадки, декоративные растения, доступная среда для маломобильных групп граждан, класс энергоэффективности А, или А+, или А++, 1 197 из 13 428 строящихся жилых объектов, что составляет 8,9 % новостроек. Среди сданных жилых домов на долю «зелёных» приходится 7,7 %. Таким образом, количество объектов, проектируемых по принципам «зелёного» стандарта, увеличивается.

Финансовым стимулом в развитии ESG-повестки в девелопменте жилой недвижимости стало появление в 2023–2024 гг. таких инструментов, как «Зелёная ипотека» – субсидирование покупки жилья в домах, соответствующих стандартам экологического строительства [8] (в настоящий момент доступна в Сбербанке и в банке «Центр-инвест») и «Зелёное проектное финансирование» – программа ДОМ.РФ по субсидированию девелоперских проектов строительства «зеленых» многоквартирных домов в 39 регионах России с недостаточным объемом жилищного строительства [9]. Кроме того, проекты, связанные с возведением энергоэффективного жилья, могут претендовать на государственное льготное финансирование через специальные облигации или займы [10].

Таким образом, несмотря на уход с российского рынка жилищного строительства иностранных участников, в т. ч. осуществляющих сертификацию, можно ожидать, что интерес к устойчивому строительству жилых домов в ближайшей перспективе возрастет. Девелоперам необходимо адаптироваться к новым рыночным условиям, чтобы получить конкурентные преимущества и успешно справляться с будущими вызовами. Важно осознавать, что интеграция всех трех компонентов ESG (экологические, социальные и управленческие аспекты) может значительно повысить как общую эффективность, так и репутацию компании. Это потребует не только изменений в бизнес-процессах, но и активного взаимодействия с заинтересованными сторонами. К таким сторонам относятся органы власти и местные сообщества, инвесторы, покупатели и пользователи жилых помещений.

В конечном итоге интеграция этих факторов не только способствует снижению углеродного следа, но и повышает конкурентоспособность проектов на рынке, отвечая на растущий спрос на экологически чистое жильё. Устойчивое строительство становится не просто трендом, а необходимостью для успешного развития в условиях меняющегося рынка.

Список источников

1. Доклад Всемирной комиссии по вопросам окружающей среды и развития «Наше общее будущее». URL: un.org/ru/ga/pdf/brundtland.pdf.
2. Стратегия социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.: утв. Распоряжением Прави-

тельства РФ № 3 052-п от 29.10.2021. URL: static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtIpyzWfHaiUa.pdf.

3. Рейтинг экологической и социальной ответственности. URL: raexpert.ru/ratings/ESG_all.

4. ESG-индекс российского бизнеса. URL: ratings.ru/files/research/macro/NCR_ESG_Sept23.pdf.

5. Объекты ESG-рейтинга. URL: acra-ratings.ru/appraisal/issuers.

6. ГОСТ Р 70 346-2022. «Зелёные» стандарты. Здания многоквартирные жилые «зелёные». Методика оценки и критерии проектирования, строительства и эксплуатации. М.: РСТ, 2022. URL: docs.cntd.ru/document/1200193111.

7. Каталог новостроек // Аналитические материалы ЕИСЖС. URL: наш.дом.рф/сервисы/каталог-новостроек/список-объектов/карта.

8. Зелёная ипотека: условия программы в СберБанке. URL: blog.domclick.ru/ipoteka/post/zelyonaya-ipoteka-usloviya-programmy-v-sbere.

9. В России просубсидируют проекты «зелёного» жилья. URL: дом.рф/media/news/dom-rf-v-rossii-prosubsidiruyut-proekty-zelenogo-zhilya.

10. О внесении изменений в Постановление Правительства РФ № 1587 от 21.09.2021: Постановление Правительства РФ № 373 от 11.03.2023. URL: static.government.ru/media/files/2RICYwVWSKtvRJO MZtIKo3kWF4kkUiLG.pdf.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В КРАСНОЯРСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

А. А. Лекомцев¹, магистр;

А. В. Шаропатова^{1,2}, канд. экон. наук, доцент

¹Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

²Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Транспортная инфраструктура имеет важнейшее значение в системе городского управления и планирования, т. к. от её состояния и развития зависят возможности развития города, привлечение инвестиций и качество жизни населения. В статье представлены факторы влияния транспортной инфраструктуры на экономику региона и основные проблемы развития транспортной инфраструктуры.

Ключевые слова: транспортная инфраструктура, анализ, оценка, проблемы

Развитие и улучшение транспортной инфраструктуры играют ключевую роль в формировании комфортного окружения для проживания населения [1; 2]. Транспортная инфраструктура в широком смысле представляет собой совокупность всех видов транспорта и транспортных структур, направленных на создание благоприятных условий для функционирования всех отраслей экономики. Это включает в себя материально-технические системы транспорта, предназначенные для обеспечения различных аспектов экономической и неэкономической деятельности человека [3].

Транспортная инфраструктура оказывает комплексное влияние на экономическое развитие региона как на макроуровне, задавая вектор его развития, так и применительно к отдельным фирмам, определяющим использование инфраструктурных объектов [4].

«Красноярская агломерация имеет потенциал стать крупным транспортным узлом, способствуя увеличению доли России в международном транспортном транзите. Её благоприятное географическое положение и развитая транспортная инфраструктура делают её конкурентоспособной» [5]. Трассы федерального значения, проходящие через агломерацию, увеличивают её возможности по транзиту грузов, а наличие Транссибирской ж/д магистрали и водных путей даёт перспективы для создания транспортных логистических узлов.

Оценка уровня развитости транспортной инфраструктуры поселения зависит от нескольких основных показателей, таких как транспортная обслуженность; транспортная подвижность; уровень автомобилизации населения.

«Для сельских территорий в условиях низкого уровня покрытия их железнодорожными сетями основным элементом транспортной инфраструктуры является автомобильная дорога» [6].

На основании опроса, проведённого автором, на рис. 1 представлены данные по видам транспорта, которым пользуется население. Исходя из полученных данных, чаще всего люди ездят на личном автомобиле (30 % голосов) и рейсовом автобусе (20 % голосов), 15 % из числа опрошенных пользуются троллейбусами и пригородными автобусами. На 3-м месте располагаются такие виды транспорта, как поезда и трамваи.

Что касается удовлетворенности удобством посадки/высадки, пересадки на другие виды пассажирского транспорта, то 30 % средне удовлетворены и 30 % в большей степени не удовлетворены удобством мест посадки, высадки и пересадки (рис. 2).

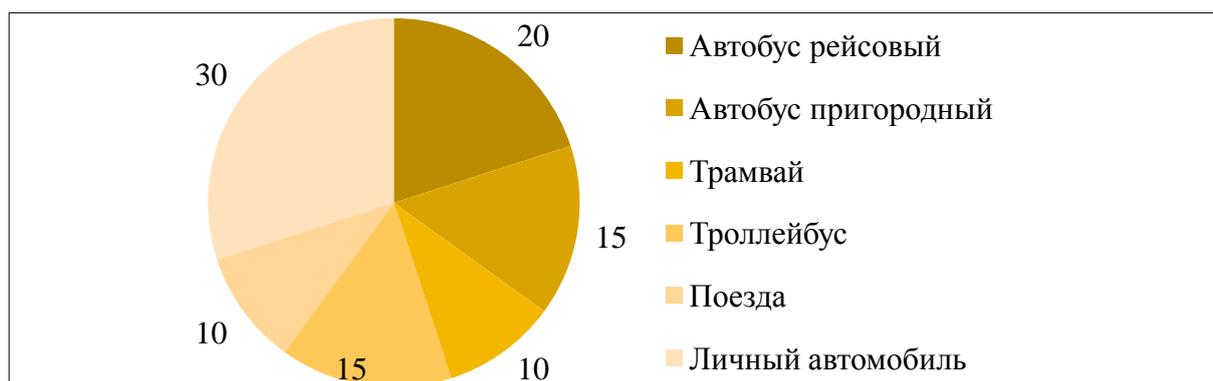


Рис. 1. Использование видов транспорта

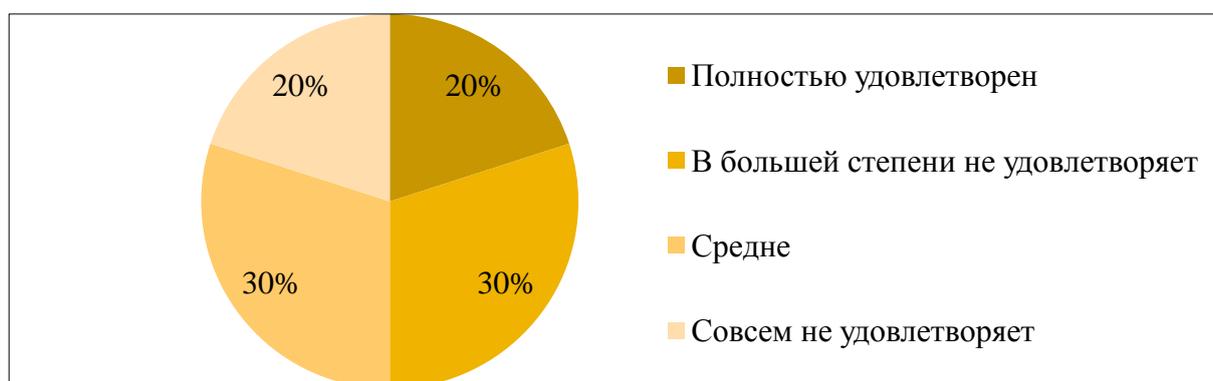


Рис. 2. Удовлетворённость удобством посадки/высадки, пересадки на другие виды пассажирского транспорта

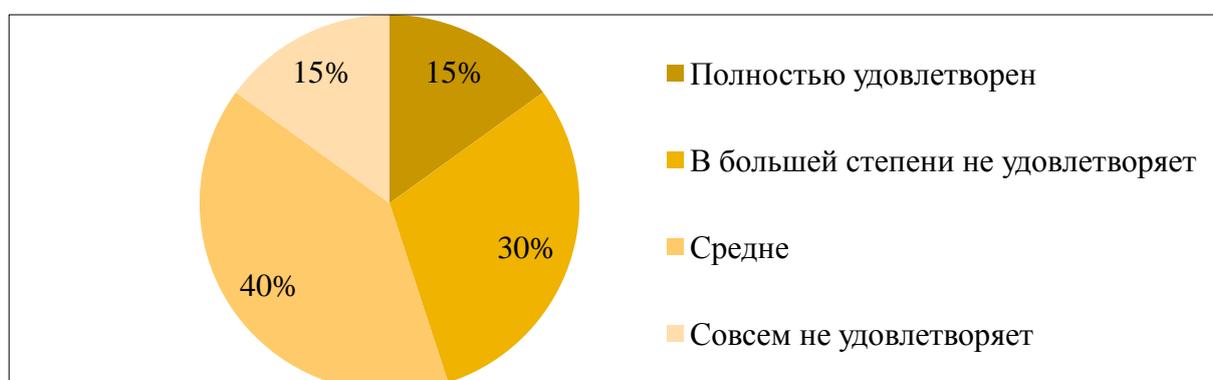


Рис. 3. Удовлетворённость состоянием и обустройством объектов транспортной инфраструктуры пассажирского транспорта

Из результатов проведённого опроса можно отметить, что большинство опрошенных респондентов используют личный автомобиль для передвижения, как в населённом пункте, так и на междугородние перевозки, в среднем жители также удовлетворены уровнем развития транспортной инфраструктуры, однако стоимостью проезда не удовлетворены большая часть опрошенных.

«Современное состояние дорог местного значения оценивается в большинстве регионов как критическое. Среди основных проблем отдельные эксперты выделяют:

– хронический дефицит и низкий уровень бюджетной обеспеченности абсолютного большинства местных бюджетов, не позволяющий на необходимом уровне обслуживать дороги местного значения;

– дороги в сельских поселениях характеризуются низкой интенсивностью использования, что отражается на нормативах по покрытию, но в то же время на эти дороги оказывается повышенная нагрузка тяжёлого автогрузового транспорта (лесовозов, сельскохозяйственных машин и техники и т. д.)» [6; 7].

Для преодоления транспортных проблем в крупных городах в рамках реконструкции предпринимаются различные меры, включая расширение улиц, строительство новых магистралей, обеспечение безопасности движения и формирование многофункциональных транспортных узлов.

В случае Красноярской агломерации, включающей множество населённых пунктов, важна гармоничная транспортная инфраструктура, где различные виды транспорта взаимодействуют согласованно. Транспортные узлы, такие как аэрохаб, пересадочные узлы и парковки, должны быть разработаны и типизированы с учетом их функционального предназначения и архитектуры.

Список источников

1. Саенко И. А. Факторы и механизм развития сферы жилищного строительства / И. А. Саенко, А. В. Шаропатова // Экономика строительства. 2017. № 3 (45). С. 41–56.

2. Kashina E. V. Improvement of Methodology for Assessing Housing Affordability Based on Regional Characteristics / E. V. Kashina, I. A. Saenko, E. V. Krelina et al. // Theoretical and Empirical Researches in Urban Management. 2022. Vol. 17. No. 2. Pp. 57–65.

3. Лебедев Ю. А. Проблемные аспекты развития дорожно-транспортной инфраструктуры муниципальных образований / Ю. А. Лебедев, Е. Н. Летягина, А. И. Бурлакова // Актуальные проблемы управления: матер. 3-й всеросс. НПК. Нижний Новгород: ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2016. С. 180–182.

4. Катаева Ю. В. Интегральная оценка уровня развития транспортной инфраструктуры региона // Вестник ПГНИУ. Сер.: Экономика. 2013. № 4 (19). С. 66–73.

5. Новичкова М. В. Градостроительные принципы формирования транспортных узлов в системе Красноярской агломерации // Молодёжь и наука: матер. 6-й всеросс. НТК. Красноярск: СФУ, 2011. URL: core.ac.uk/download/38634824.pdf.

6. Паршуков Д. В. Состояние автодорог местного значения как фактор устойчивого развития сельских территорий // Парадигма устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях современных реалий: матер. междунар. НПК. Красноярск: КрасГАУ, 2022. С. 166–169.

7. Палагина А. С. Проблемы транспортной инфраструктуры сельских территорий региона / А. С. Палагина, М. А. Миляев // Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса региона. 2019. С. 467–470.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЯХ

Д. А. Мартынов¹, магистр;

А. В. Шаропатова^{1,2}, канд. экон. наук, доцент

¹Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

²Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Объекты социальной инфраструктуры играют важную роль в развитии территорий, особенно сельских поселений, т. к. являются важным инструментом для привлечения в сельскую местность населения. Поэтому необходимо изучать состояние данных объектов и определять направления развития в сельских поселениях. В работе рассмотрены вопросы развития объектов социальной инфраструктуры.

Ключевые слова: сельские поселения, социальная инфраструктура, объекты, направления развития

В условиях современных экономических и социальных вызовов развитие объектов социальной инфраструктуры становится ключевым фактором для обеспечения качества жизни и экономического развития сельских поселений [1]. В связи с этим возникает необходимость исследования направлений развития социальной инфраструктуры, учитывающих интересы всех заинтересованных сторон и направленных на повышение уровня жизни населения, улучшение качества предоставляемых услуг и привлечение инвестиций.

И. О. Брыжко рассматривает термин «социальная инфраструктура сельских территорий» и предлагает следующее определение «...комплекс территориально взаимосвязанных объектов, отраслей, служб и видов деятельности социального назначения, обеспечивающих сохранение, воспроизводство и развитие трудовых ресурсов, занятых в сельскохозяйственном производстве, путём создания необходимых условий жизнедеятельности сельского населения в целях сохранения сельского уклада жизни, устойчивого развития сельского хозяйства и сельских территорий, обеспечения продовольственной безопасности государства и его регионов» [2].

Современные вызовы развития сельских территорий, такие как демографические изменения, развитие технологий и изменение образа жизни, требуют дальнейшего развития социальной инфраструктуры. Красноярская агломерация включает семь муниципальных образований: три городских округа (Дивногорск, Красноярск, Сосновоборск) и четыре муниципальных района (Березовский, Емельяновский, Манский, Сухобузимский районы). Для анализа социальной инфраструктуры сельских поселений Красноярской агломерации были рассмотрены сферы здравоохранения и образования.

Изменение числа лечебно-профилактических организаций (далее – ЛПО) сельских поселений Красноярской агломерации представлено на рис. 1.

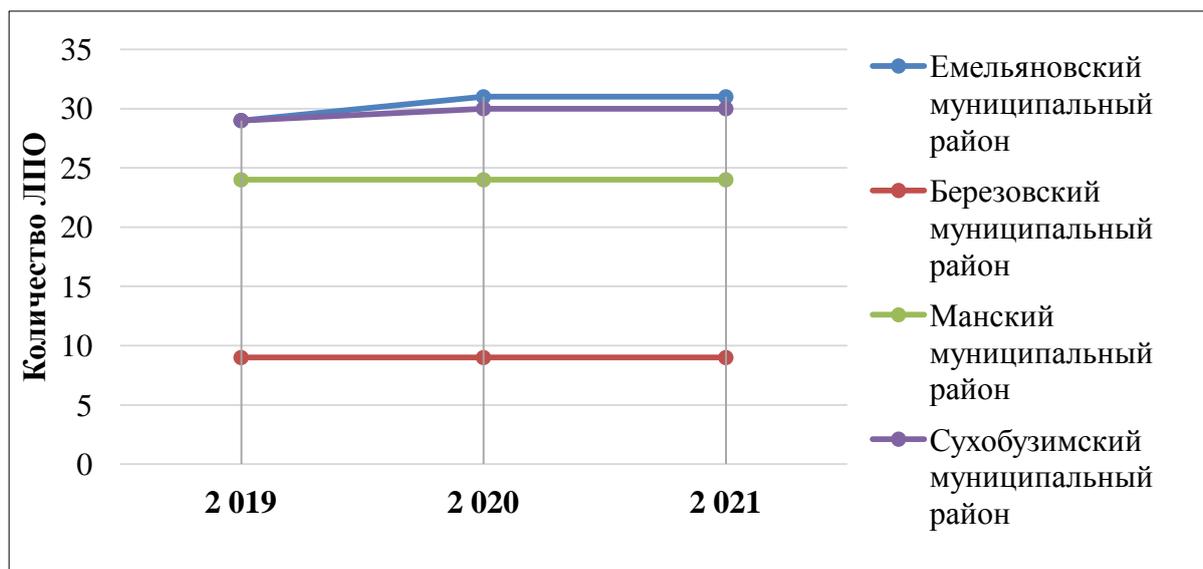


Рис. 1. Изменение числа ЛПО сельских поселений Красноярской агломерации

Среди сельских поселений Емельяновского р-на наиболее обеспеченным ЛПО, а именно количеством в 5 ед., являются Шуваевский и Устюгский сельсоветы. Среди сельских поселений Берёзовского муниципального р-на наиболее обеспеченным ЛПО является Маганский сельсовет, где количество ЛПО составляет 4 ед., что в разы превышает сельсоветы данного муниципального района.

Среди поселений Манского р-на количество ЛПО практически не отличается по всему району и варьируется от 1 до 3 ед. на сельсовет.

Среди поселений Сухобузимского р-на количество ЛПО практически не отличается по всему району и варьируется от 2 до 4 ед. на сельсовет. Таким образом, наиболее обеспеченным муниципальным районом ЛПО является Сухобузимский, наименее обеспеченным – Берёзовский.

Динамика изменения количества спортивных сооружений сельских поселений Емельяновского, Берёзовского, Манского и Сухобузимского муниципальных районов представлена на рис. 2.

Рост объектов спортивного назначения коррелируется с численностью сельских поселений муниципальных районов.

За период с 2019 по 2021 г. наблюдается стабильный отток населения из всех сельских поселений Красноярской агломерации, за исключением населённых пунктов, находящихся в непосредственной близости к городу Красноярску (Емельяновский и Берёзовский районы). Это связано с тем, что «население близлежащих поселков ежедневно прибывает в Красноярск на работу (маятниковая трудовая миграция) или для того, чтобы воспользоваться социальной инфраструктурой краевого центра (детские сады, школы, учреждения здравоохранения, вузы, спортивные объекты, учреждения культуры и т. д.)» [3].

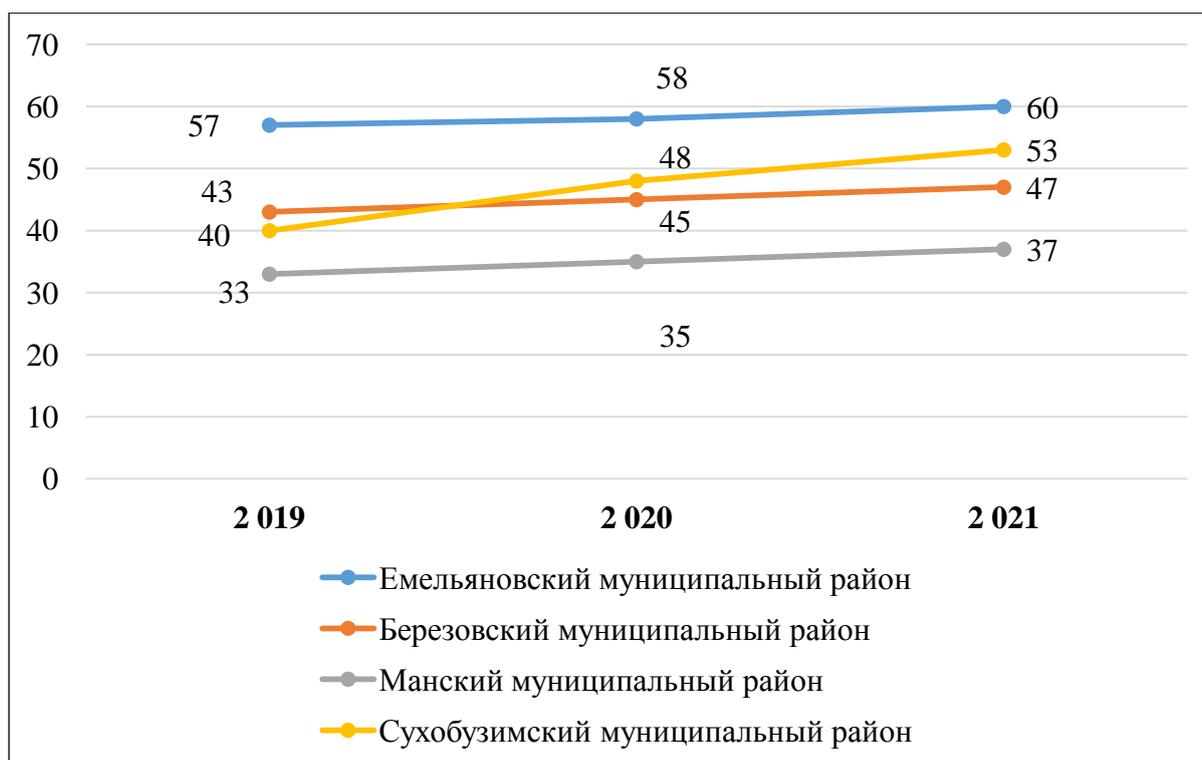


Рис. 2. Изменение количества спортивных сооружений сельских поселений по районам Красноярского края

В результате проведённого анкетирования среди жителей сельских поселений Емельяновского, Берёзовского Манского и Сухобузимского муниципальных районов отметим, что большая часть населения не удовлетворена должным количеством и качеством объектов социальной инфраструктуры. К тому же, не во всех посёлках и деревнях имеются такие объекты как, дошкольные и общеобразовательные учреждения, объекты культурно-досугового типа, больницы.

Основными направлениями развития объектов социальной инфраструктуры в сельских поселениях Красноярской агломерации могут являться:

- реконструкция и строительство объектов общеобразовательных и ДО учреждений, объектов здравоохранения и культурно-досугового типа для повышения уровня обеспеченности ими;

- строительство новых объектов жилищного фонда, что будет способствовать привлечению специалистов для работы в сельских поселениях;

- развитие предпринимательства и сферы услуг, для повышения уровня занятости населения и создания новых рабочих мест;

- развитие логистики между посёлками и деревнями сельсоветов.

С внедрением данных мероприятий можно предположить, что качество жизни в сельских поселениях будет улучшено, что способствует уменьшению миграции в городские поселения и сохранению существования населённых пунктов.

Список источников

1. Саенко И. А. Факторы и механизм развития сферы жилищного строительства / И. А. Саенко, А. В. Шаропатова // Экономика строительства. 2017. № 3 (45). С. 41–56.

2. Брыжко И. В. Назначение управления развитием социальной инфраструктуры сельских территорий в современных экономических условиях / И. В. Брыжко, А. Л. Пустуев // Фундаментальные исследования. 2016. № 6 (ч. 1). С. 139–143.

3. Кулешко М. Я. Развитие муниципальных образований Красноярской агломерации // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2023. № 1 (27). С. 209–223.

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ

В. С. Новиков, канд. экон. наук, доцент

Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Аннотация. В статье авторами исследуется строительный сектор экономики РФ; предложена классификация внешних факторов, влияющих на развитие строительного сектора. Автором предметно соотносится влияние внешних факторов на основную деятельность предприятий строительного сектора экономики. На основе анализа факторов внешней среды предложены направления снижения рисков ситуаций, возникающих в процессе деятельности предприятий строительного сектора.

Ключевые слова: *развитие, управление, строительный сектор, ресурсы, инфраструктура*

Рассмотрение вопросов влияния внешних факторов является приоритетным в определении траектории предприятия на рынке. Анализ внешних факторов может позволить грамотно и эффективно построить деятельность предприятия, повлиять на его экономическую и социальную эффективность на рынке. Существенные предшествующие исследования экономистов подтверждают, что обозначенная тема достаточно актуальна [1]. Однако однозначного ответа на вопрос «Что такое внешние факторы?» не существует. Более того, стоит отметить, в виду динамичность внешней среды отражается на деятельности предприятия строительного сектора. Отдельные факторы внешней среды могут влиять друг на друга, что меняет степень воздействия с разной динамикой на предприятие. Например, развитие цифровизации в мире повлияло на функциональные особенности производственных процессов предприятий, увеличивается риск снижения востребованности отдельных профессий за счет замены функционала роботами и цифровыми устройствами. Цифровизация меняет само представление о конечном продукте предприятия, о качестве его доставки до конечного потребителя, использования потребителем и т. д. (например, касаясь строительной отрасли, можем выделить, что процессы автоматизации и контроля изменяются на предприятиях изучаемого сектора экономики, развиваются АСУ).

Рассмотрим обратный эффект. Строительный сектор оказывает существенное влияние на экономическую систему государства. Во-первых, строительный сектор функционирует в сфере предложения населению жилья и связанной с этим инфраструктурой и реализует благоустройство придомовой территорий. Реализация этих двух компонентов отражается на имидже государственного и муниципального управления, показывает способность обеспечивать государством уровень качества жизни.

Во-вторых, реализация крупных инвестиционно-строительных проектов позволяет вносить вклад в рост ВВП, обеспечивает жителей рабочими местами.

Выделим, что строительный сектор экономики включает в себя строительную промышленность, содержащую участников обеспечивающую сектор оборудованием и участников, проектирующих промышленные здания и сооружения. Отметим, что в своем исследовании мы рассматриваем несколько сегментов, входящих в строительный сектор экономики: строительство жилых объектов, обеспечение инвестиционно-строительных проектов в сфере коммерческой недвижимости, инфраструктурные проекты, обладающие социальным значением (детские сады, школы, поликлиники и др.).

Внешние факторы в любом секторе экономики оказывают влияние на управление и развитие предприятий. В нашем исследовании под внешними факторами будет считать: деятельность объектов внешней среды по отношению к субъекту хозяйствования строительного сектора экономики (уровень конкуренции; вводимые новые нормативно-правовые документы и содержащиеся в них изменения, отражающиеся на участниках рынка, трансформирующие отрасль; нормы и показатели в целевых значениях, вводимые госструктурами для регулирования строительного сектора экономики).

Также можно выделить, что внешние факторы по отношению к организации могут быть двух уровней: международные и государственные. К первым отнесем влияние деятельности соседних государств, международных общественных организаций и др. Ко второму – действия органов власти, вносящих коррективы в основную деятельность организаций строительного сектора, уровень конкуренции в регионе. Подводя промежуточный итог, приведём классификацию внешних факторов, влияющих на конечный результат деятельности предприятия: факторы макроуровня, факторы мезоуровня, факторы микроуровня, факторы мини-уровня.

Факторы макроуровня: управление структурой отрасли, формирование рынков и природы конкуренции, темпы инфляции, уровень занятости, ставка ЦБ и др.

Факторы мезоуровня: федеральные целевые программы и их влияние на региональное развитие, соотношение спроса и предложения в регионе, экологические, экономические, социальные инициативы госуправления, ориентированные на регион.

Факторы микроуровня: факторы, ориентированные на окружение предприятия, контактные аудитории муниципального образования, потенциальные клиенты, конкуренты, некоммерческие организации, поставщики, партнёры, коммерческие и деловые отношения между обозначенными участниками рынка.

Факторы мини-уровня: эффективность внутренних нормативных актов предприятия, отработанная система мотивации и контроля предприятия, ликвидность предприятия, качество корпоративной культуры.

Результаты исследования Е. В. Духаниной, А. Т. Хаметовой дают наглядное представление, что на практике специалисты подразумевают под факторами, влияющими на развитие строительных предприятий и строительной отрасли экономики в целом [2].

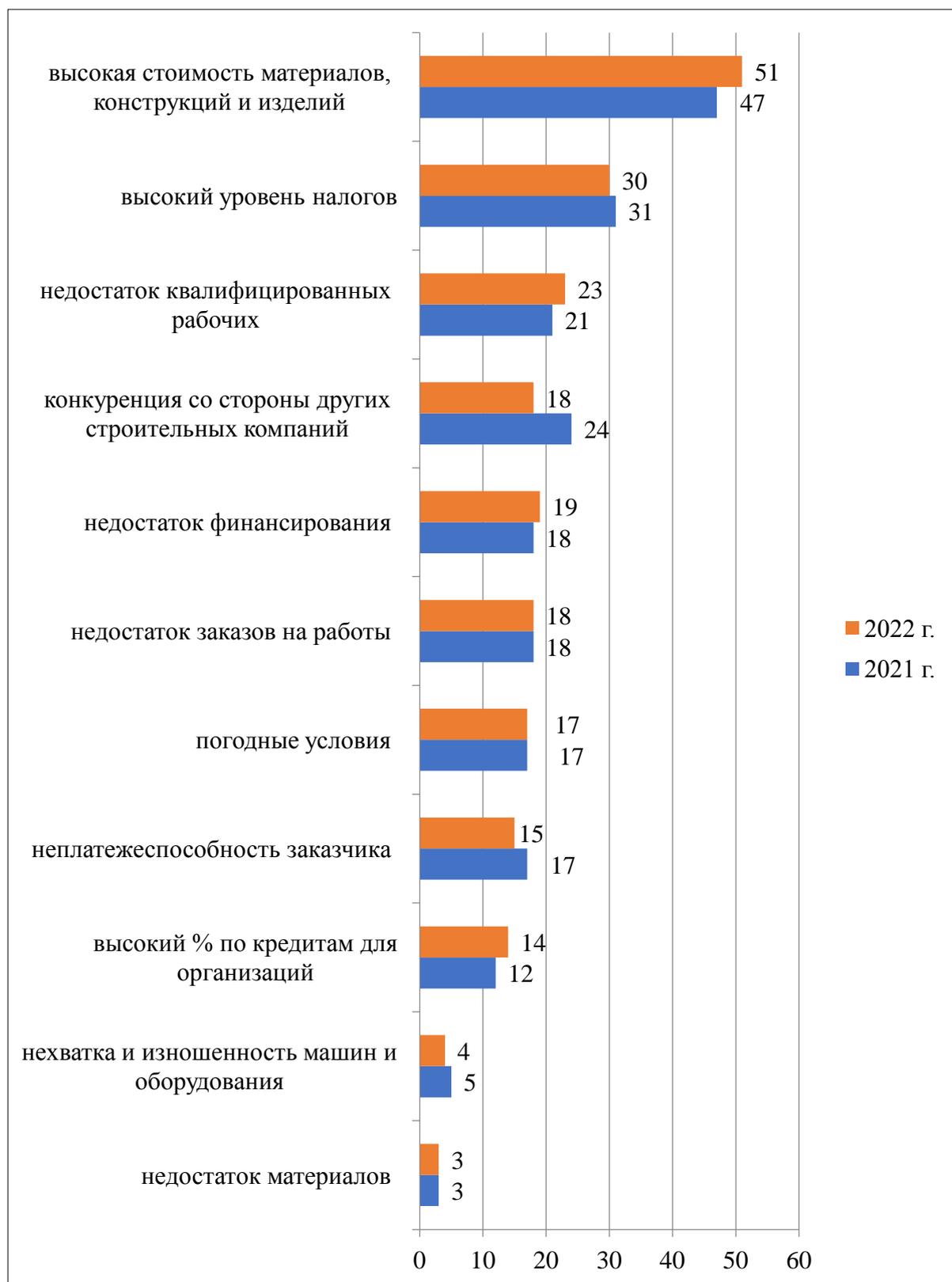


Рис. 1. Анализ факторов, влияющих на деятельность организаций строительного сектора экономики [2]

Комментируя рис. 1, отметим, что обозначенные факторы можно отнести к различным группам. Факторы мини-уровня: нехватка и изношенность машин и оборудования (соответственно 5 % в 2021 г., 4 % в 2022 г.), недостаток материалов (по 3 % в 2021–2022 гг.), неплатёжеспособность заказчика (17 % в 2021 г., 15 % в 2022 г.), недостаток заказов на работы (по 18 % в 2021–2022 гг.). Факторы мезоуровня: погодные условия (отнесем их к региональному уровню, потому что это критерий на территории РФ может проявляться по-разному в регионах: по 17 % в 2021–2022 гг.), конкуренция со стороны других строительных компаний (24 % в 2021 г., 18 % в 2022 г.), недостаток финансирования (18 % в 2021 г., 19 % в 2022 г.), недостаток квалифицированных рабочих (21 % в 2021 г., 23 % в 2022 г.), высокая стоимость материалов, конструкций и изделий (47 % в 2021 г., 51 % в 2022 г.). Факторы макроуровня: высокий процент по кредитам для строительных организаций (12 % в 2021 г., 14 % в 2022 г.), высокий уровень налогов (в 2021 г. – 30 %, в 2022 г. – 31 %).

Факторы внешней среды формируют некоторые рисковые ситуации, которые можно в определённые моменты функционирования предприятия минимизировать или полностью избежать [3]. Покажем возможности регулирования и снижения рисковых ситуаций от действия внешних факторов на развитие строительного сектора экономики.

1. Через разработку совместных программ и стратегий между участниками строительного сектора экономики для разделения рисковых ситуаций.

2. Формирование фондов резервного капитала участниками строительного сектора экономики. Это можно реализовывать как отдельным акторам сектора, так и формировать совместные резервы для нивелирования сложных ситуаций на проектах.

3. Передача риска специализированным страховым предприятиям. Такое действие можно считать наиболее эффективным, т. к. в случае возникновения риска, страховые предприятия выплачивают компенсацию для покрытия ущерба.

4. Снижение риска за счёт дублирования ресурсов и команд управления в ситуации возникновения рисков. В большей степени такое действие повлияет на снижение риска и минимизацию его последствия [3].

Итак, строительный сектор экономики имеет существенное значение для государства. Предприятия, формирующие строительный сектор экономики сталкиваются с факторами внешней среды, которые формируют настоящую и будущую траекторию деятельности обозначенных предприятий. Предлагаемая в результате исследования классификация факторов и возможные направления снижения рисковых ситуаций для предприятий строительного сектора экономики помогут специалистам-практикам грамотно оценивать внешнюю ситуацию по отношению к предприятию.

Список источников

1. Ладная М. А. Взгляды учёных на внешнее окружение организации сферы услуг // Проблемы современной экономики: матер. 2-й междунар. НК. Челябинск: Два комсомольца, 2012. С. 1–5. URL: moluch.ru/conf/econ/archive/56/2751.

2. Духанина Е. В. Реализация риск-ориентированного подхода в управлении инвестиционно-строительным процессом / Е. В. Духанина, А. Т. Хаметова // Вестник евразийской науки. 2023. Т. 15. № 2. URL: esj.today/PDF/10SAVN223.pdf.

3. Марусинина Е. Ю. Стратегические направления социально-экономического и инновационного развития территорий современной России: теоретические основания и прикладные подходы реализации: колл. моногр. / Е. Ю. Марусинина, Н. С. Мушкетова, В. С. Новиков и др. Краснодар: ЭльДирект, 2021. 180 с.

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ЖИЛОГО МИКРОРАЙОНА

И. В. Прокопенко, аспирант

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Современная экономическая деятельность имеет тенденцию к переходу на цифровые платформы, которая четко обозначена Правительством РФ. Создано множество законотворческих актов, дорожных карт и нормативно-правовых документов, база которых стремительно пополняется. Отрасль строительства и эксплуатации жилого фонда на данный момент является одной из самых не оцифрованных и сложных для внедрения цифровых инструментов. Одной из методик цифровизации строительства является технология информационного моделирования (ТИМ). С помощью применения технологий информационного моделирования возможно не только сократить издержки и сроки исполнения на каждом из этапов жизненного цикла зданий и сооружений, но и управлять жизненным циклом. Целью написания статьи является обзор текущих возможностей и угроз для технологий информационного моделирования и выделение перспектив, которыми обладает ТИМ. А также провести обзорный анализ состояния и готовности строительной отрасли к внедрению цифрового программного обеспечения нового поколения. Т. к. нельзя сказать, что отрасль строительства была без цифровых технологий и не использовала никакие программные продукты, они были и остаются важной составляющей отрасли, однако проблематика в том, что всё программное обеспечение используется только на этапе проектирования и не используется в дальнейших этапах жизненного цикла.

Ключевые слова: *жизненный цикл, технология информационного моделирования, дорожная карта, риски и возможности, гражданское строительство, жилая недвижимость, жилой микрорайон, экономическая эффективность*

Современная строительная индустрия находится на пороге кардинальных изменений благодаря внедрению цифровых технологий. Одними из наиболее перспективных и востребованных инструментов в этой области являются *Building Information Modeling (BIM)* или технологии информационного моделирования (ТИМ) и цифровые двойники. Эти технологии позволяют значительно повысить эффективность управления жизненным циклом строительных объектов на каждом из этапов, улучшая процессы проектирования, строительства, эксплуатации и утилизации. В данной статье рассматриваются основные концепции, методы реализации и перспективы использования ТИМ и цифровых двойников в управлении жизненным циклом жилого микрорайона и отдельных его составляющих в виде отдельно стоящих связанных зданий и сооружений.

ТИМ представляет собой кластер программных продуктов, используемых на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства. Таким образом, внедрение технологии информационного моделиро-

вания и дальнейшее её применение исключает или сводит к минимуму риск возникновения коллизий или критических ошибок на этапе проектирования, что в большинстве случаев не представляется возможным при использовании классических САД-систем.

Также среди преимуществ ТИМ можно выделить возможность обмена документами и данными об объекте строительства с надзорными органами, так, например, в РФ создана государственная информационная система обеспечения градостроительной деятельности (ГИСОГД) в рамках приказа Президента РФ и Министерства Строительства РФ, с помощью которой все заинтересованные лица обмениваются информацией. Если следовать дорожной карте внедрения ТИМ, то до 2030 г. вся строительная отрасль должна перейти в цифровую плоскость [2].

Также, немаловажным фактором является то, что в настоящее время базовыми городскими единицами стали не многоквартирные дома (МКД), а жилые комплексы или жилые микрорайоны, в связи с чем стоит рассматривать уже не МКД, а их кластер, т. е. жилой микрорайон.

Однако законодательство и нормативно-правовые документы не содержат полного и сформулированного понятия и определения жилого микрорайона. Состав микрорайона приведён в табл. 1.

Таблица 1

Требования к составу жилого микрорайона

Вид объекта	Допустимое размещение
<i>1</i>	<i>2</i>
Дошкольные образовательные организации	Отдельно стоящие, встроенные, встроенно-пристроенные, пристроенные к жилым зданиям
Общеобразовательные организации	Отдельно стоящие
Организации дополнительного образования (детские школы искусств, музыкальные, художественные, хореографические школы, детско-юношеские спортивные школы)	Отдельно стоящие, встроенные, встроенно-пристроенные, пристроенные к жилым и общественным зданиям
Амбулаторно-поликлинические учреждения (поликлиники, в т. ч. стоматологические)	Отдельно стоящие, встроенные, встроенно-пристроенные, пристроенные к жилым и общественным зданиям
Аптеки	Встроенные, встроенно-пристроенные, пристроенные к жилым и общественным зданиям
Помещения для культурно-массовой работы, досуга и любительской деятельности	Встроенные, встроенно-пристроенные, пристроенные к жилым и общественным зданиям

<i>1</i>	<i>2</i>
Помещения для физкультурно-оздоровительных занятий (спортивно-тренажёрные залы повседневного обслуживания, спортивные залы общего пользования)	Отдельно стоящие, встроенные, встроенно-пристроенные, пристроенные к жилым и общественным зданиям
Магазины продовольственных и непродовольственных товаров, предприятия общественного питания, предприятия бытового обслуживания населения (парикмахерские, ремонт одежды, обуви, бытовой техники, фотоуслуги, приёмные пункты прачечной, химчистки)	Отдельно стоящие, встроенные, встроенно-пристроенные, пристроенные к жилым и общественным зданиям
Отделения связи, отделения и филиалы банков, общественные пункты охраны порядка	Встроенные, встроенно-пристроенные, пристроенные к жилым и общественным зданиям

На территории жилых микрорайонов допускается дополнительно размещать объекты социальной инфраструктуры периодического и эпизодического спроса, а также места приложения труда (табл. 2.), размещение которых разрешено в жилых зонах, в т. ч. на подвальном, цокольном, 1 и 2-м этажах жилого здания (в крупных и крупнейших городах – на 3-м эт.) при условии соблюдения требований СП 54.13330.

Таблица 2

Допустимые к постройке в пределах микрорайона здания и сооружения

Вид объекта	Рекомендуемое размещение
Дошкольные образовательные организации специализированного типа, специализированные объекты образования, профессиональные образовательные организации (учебные, образовательные центры)	Отдельно стоящие
Кинотеатры, в т. ч. многозальные	Отдельно стоящие
Музеи, галереи, выставочные залы, культурные центры	Отдельно стоящие*
Бассейны (открытые и закрытые общего пользования)	Отдельно стоящие, пристроенные к жилым и общественным зданиям, встроенные в общественные здания
Торговые, торгово-развлекательные центры, гостиницы, хостелы, пункты приёма вторичного сырья, объекты культового назначения	Отдельно стоящее
Здания (помещения) административного и общественно-делового назначения, многофункциональные центры предоставления госуслуг	Отдельно стоящее*

Примечание: * – допускается во встроенных, встроенно-пристроенных, пристроенных помещениях жилых и общественных зданий.

К каждому виду зданий и сооружений на территории микрорайона возможно применить теорию жизненного цикла и создать его цифровой двойник, который позднее становится частью кластера двойников, объединенных одним «смыслом» в составе микрорайона.

В настоящее время рынок *BIM* (ГИМ – технологий информационного моделирования) стремительно развивается не только в России, но и за рубежом. Возможность реализации наработок по данной тематике может способствовать не только повышению эффективного использования ресурсов, но и качественно повлиять на жизнь граждан. Таким образом, с помощью применения ГИМ-технологий возможно на всех этапах жизненного цикла проследить за зданием. Что немаловажно, применение ГИМ и цифрового программного обеспечения даёт возможность в любой момент времени узнать состояние здания и любой из его параметров, таких как, например, необходимость капитального ремонта или необходимость обслуживания отдельной системы.

С появлением концепции жизненного цикла ещё в XIX в., в настоящее время она видоизменяется и обретает новые смыслы [1]. В наше время изменения, которые несколько веков назад происходили на протяжении нескольких поколений, происходят даже в рамках одного десятилетия. Так и на рынке жилого строительства многие объекты, построенные 10–15 лет назад уже потеряли свою экономическую и инвестиционную привлекательность, т. к. были спроектированы и построены по нормам тех лет, которые, в свою очередь, уже несколько раз сменились, как и требования потребителя к МКД, прилегающей территории, комфорту проживания.

Концепция управления жизненным циклом базируется на представлении об объекте капитального строительства (здании) как единственном информационном объекте вокруг которого происходят различные процессы – проектирование, строительство, эксплуатация, ремонт и диагностика технического состояния, каждый из которых использует и добавляет в информационную модель ту или иную информацию об объекте. Высокие темпы глобальной информатизации современного производства, усложнение создаваемых человеком систем всех уровней, изменение приоритетов, условий, ограничений и усложнение объектов строительства в целом сделали малопригодными традиционные методы организационно-технологического проектирования инвестиционно-архитектурно-строительного комплекса, где изменения проявляются на всех уровнях:

- на уровне взаимосвязей подсистем объекта – качественное усложнение стыковки функциональных подсистем объекта строительства, их интеллектуализация, многоотраслевая и наукоемкая интеграция;

- на уровне взаимосвязей объекта и инфраструктуры – обострение противоречий между недвижимой формой существования объекта строительства и нарастающей динамикой его инфраструктуры;

- на уровне взаимосвязей территории застройки и экосистемы – обострение противоречий между традиционным экстенсивным принципом строительства и его фактическим результатом.

Жилой микрорайон представляет собой совокупность различных по функциональному признаку объектов недвижимости. В последние годы в РФ активно развивается деятельность по управлению объектами недвижимости, а также управлению их жизненными циклами. Основу этой деятельности составляют цели собственника (или группы собственников, в случае рассмотрения управления жизненным циклом жилого микрорайона) объекта, которые не являются постоянными и могут кардинально меняться в течение периода существования объекта. Цели собственника объекта имеют различную направленность и влияние на стоимость объекта. Стоит рассматривать несколько аспектов управления жизненным циклом: экономический (товарный) и объектный.

Основными из них являются:

- защита средств от инфляции на основе увеличения стоимости объекта;
- осуществление спекулятивных инвестиций – получение максимально возможного дохода от перепродажи;
- осуществление функциональных инвестиций – получение максимально возможного дохода в заданный промежуток времени с последующей перепродажей объекта;
- повышение энергоэффективности объекта с помощью различных автоматизированных систем и максимальное снижение затрат на содержание и обслуживание объекта строительства;
- повышение комфортности среды проживания в рамках микрорайона.

Концепция управления жизненным циклом базируется на представлении об объекте капитального строительства (здании) как единственном информационном объекте вокруг которого происходят различные процессы – проектирование, строительство, эксплуатация, ремонт и диагностика технического состояния, каждый из которых использует и добавляет в информационную модель ту или иную информацию об объекте. Высокие темпы глобальной информатизации современного производства, усложнение создаваемых человеком систем всех уровней, изменение приоритетов, условий, ограничений и усложнение объектов строительства в целом сделали малопригодными традиционные методы организационно-технологического проектирования инвестиционно-архитектурно-строительного комплекса, где изменения проявляются на всех уровнях.

Таким образом, наиболее удачным решением, в новых реалиях строительного сектора, является введение применения ГИМ в процесс управления жизненным циклом. Для реализации данной идеи Правительство РФ ведет активную законодательную деятельность по нормативному урегулированию данного процесса.

Внедрение *ВИМ* и цифровых двойников открывает новые горизонты в управлении жизненным циклом строительных объектов. Эти технологии не только повышают эффективность и качество строительных процессов, но и способствуют созданию более устойчивых и безопасных объектов.

Несмотря на существующие вызовы, перспективы их использования в строительной отрасли весьма обнадеживающие. В будущем дальнейшее развитие и интеграция этих технологий обещают ещё большее улучшение процессов строительства и эксплуатации объектов. Однако о полноценном применении технологий информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла пока речи не идёт, т. к. отечественный сектор строительства пока не готов как с нормативно-правовой точки зрения, так и с программной.

Список источников

1. Широкова Г. В. Концепция жизненного цикла в современных организационных и управленческих исследованиях / Г. В. Широкова, Т. Н. Клемина, Т. П. Козырева // Вестник СПбГУ. Менеджмент. 2007. № 2.

2. Цифровая экономика – 2022: стат. сб. URL: issek.hse.ru/mirror/pubs/share/552091260.pdf.

3. Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства: Постановление Правительства РФ № 331 от 05.03.2021 // Эл. фонд правовых и нормативно-технических документов.

4. ГОСТ Р 57311-2016. Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов завершённого строительства // Эл. фонд правовых и нормативно-технических документов.

5. Об утверждении требований к информационным моделям объектов капитального строительства, а также классификаторов для информационного моделирования: Приказ Комитета г. Москвы по ценовой политике в строительстве и государственной экспертизе проектов № МКЭ-ОД/19-39 от 26.06.2019 // Эл. фонд правовых и нормативно-технических документов.

6. Количество застройщиков в России. URL: stroygaz.ru/news/construction/kolichestvo-zastroyshchikov-v-rossii-vyroslo-na-14-.

7. СП 301.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами // Эл. фонд правовых и нормативно-технических документов.

УПРАВЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫМ РАЗВИТИЕМ ТЕРРИТОРИИ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

И. А. Саенко, д-р экон. наук, профессор;

В. Ю. Петрова, студент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Статья посвящена тематике управления комплексным развитием территории на различных этапах жизненного цикла. В современных условиях устойчивого развития необходимо рассматривать территориальные единицы как динамичные системы, требующие детального анализа и стратегического планирования. В статье выделяются ключевые этапы жизненного цикла территории: планирование, проектирование и согласование, реализация, эксплуатация, оценка и оптимизация, а также обновление и реинжиниринг. Каждый из этих этапов подробно рассматривается с точки зрения механизмов управления и необходимых действий.

Ключевые слова: *комплексное развитие территорий, комфортное проживание, планирование, проектирование, согласование, реализация, эксплуатация, реинжиниринг, устойчивое развитие, жизненный цикл*

В настоящее время комплексное развитие территорий является актуальной темой в сфере строительства, т. к. позволяет решать задачи, связанные с устойчивым развитием территорий в долгосрочной перспективе, и направлено на обеспечение населения комфортными и безопасными условиями проживания в данной территории.

Комплексное развитие территории подразумевает совокупный процесс реализации мероприятий, направленных на создание комфортной среды проживания, благоустроенность территорий и улучшение условий жизнедеятельности населения [1].

Развитие территорий осуществляется постепенно (поэтапно на основании концепции жизненного цикла систем) и этот процесс является управляемым со стороны государства, общества и бизнеса, чтобы обеспечить комплексный подход к решению проблем развития территории [2].

Управление комплексным развитием территории на разных этапах жизненного цикла включает в себя реализацию мер по планированию, проектированию, согласованию, реализации и эксплуатации. Также важным является проведение мониторинга полученных результатов деятельности [3].

В табл. 1 представлены основные задачи управления территорией, а также механизмы решения и примеры действий применительно к различным этапам жизненного цикла при комплексном её развитии.

Таблица 1

Основные этапы управления комплексным развитием территории на разных этапах жизненного цикла

Этап жизненного цикла	Основные задачи	Механизмы управления	Примеры действий
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Начальный этап (концептуальное проектирование)	<ul style="list-style-type: none"> – определить стратегические направления развития территории; – провести анализ имеющихся ресурсов и потенциала; – идентифицировать потребности и интересы местного населения 	<ul style="list-style-type: none"> – проведение исследований (социологических, экономических, экологических); – консультации с экспертами (архитекторами, экономистами, экологами); – SWOT-анализ (анализ сильных, слабых сторон, возможностей, угроз) 	<ul style="list-style-type: none"> – создание стратегических инициатив, направленных на устойчивое развитие; – разработка концепций и планов для последующих этапов; – формирование общественного мнения и вовлечение населения в процесс
Планирование и проектирование	<ul style="list-style-type: none"> – разработка детализированных планов и проектов на основе общих концепций; – определение конкретных целей и задач на среднесрочную перспективу – проектирование инфраструктурных объектов (дороги, здания, парки) 	<ul style="list-style-type: none"> – участие общественности (публичные слушания, опросы); – разработка программ (экологических, социальных, экономических); – проектирование с учётом лучших практик и опытов других регионов 	<ul style="list-style-type: none"> – создание генерального плана территории; – выбор площадок для нового строительства, определение их функционального назначения; – разработка проектов для получения финансирования (государственных или частных инвестиций)
Реализация проектов	<ul style="list-style-type: none"> – воплощение в жизнь разработанных проектов и программ; – обеспечение финансирования и ресурсов для реализации; – управление временем и качеством выполнения работ 	<ul style="list-style-type: none"> – мониторинг и контроль (согласование сроков, контроль бюджета); – оценка рисков и разработка стратегий их минимизации; – командная работа и координация между различными учреждениями 	<ul style="list-style-type: none"> – строительство общественных объектов (школы, больницы, дороги); – выполнение контрактов с подрядчиками и осуществление контроля за их работой; – проведение регулярных отчётов о ходе реализации

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Эксплуатация и управление	<ul style="list-style-type: none"> – оценка эффективности функционирования инфраструктуры; – обеспечение устойчивой эксплуатации объектов; – взаимодействие с жителями по вопросам использования и обслуживания 	<ul style="list-style-type: none"> – устойчивое управление (создание рабочих групп по мониторингу); – сбор и анализ обратной связи от пользователей и местных жителей; – внедрение новых технологий для повышения эффективности 	<ul style="list-style-type: none"> – регулярное обслуживание и ремонт объектов инфраструктуры; – проведение опросов для оценки удовлетворённости населения; – взаимодействие с местными организациями для улучшения качества жизни
Оценка и оптимизация	<ul style="list-style-type: none"> – анализ достигнутых результатов и их соответствие поставленным целям; – корректировка стратегий и планов на основе собранных данных; – идентификация проблем и поиск путей их решения 	<ul style="list-style-type: none"> – проведение аудитов и оценок (экономических, социальных, экологических); – анализ данных (статистические методы, социологические исследования); – корректировка планов на основе выводов и рекомендаций 	<ul style="list-style-type: none"> – анализ статистических данных о жизни территории (например, демографические изменения); – проведение оценок реализованных проектов (удачные и неудачные инициативы); – внесение изменений в план на будущие годы
Обновление и реинжиниринг	<ul style="list-style-type: none"> – адаптация к изменяющимся условиям (экономическим, социальным, экологическим); – реструктуризация и обновление устаревшей инфраструктуры; – разработка новых инициатив для улучшения качества жизни 	<ul style="list-style-type: none"> – разработка новых инициатив (создание рабочих групп, лабораторий идей); – исследование новых тенденций и трендов (урбанистика, технологии); – сотрудничество с частным сектором и международными организациями 	<ul style="list-style-type: none"> – ревитализация устаревших и заброшенных территорий (проведение реконструкции); – внедрение новых технологий для улучшения качества городской жизни (умные города); – проектирование новых пространств на основе предпочтений жителей

Вышеприведённая таблица даёт общее представление о том, как осуществляется процесс управления комплексным развитием территории на каждом из этапов её жизненного цикла. Каждый этап требует использования различных механизмов управления, инструментов и подходов, чтобы достичь поставленных целей управления и обеспечить устойчивое развитие территории.

Список источников

1. Файзрахманова Я. И. Управление развитием застроенных территорий: дисс. канд. экон. наук. Пенза, 2015. 183 с.

2. Бабенко Г. В. Формирование стратегии развития городов и городских агломераций регионов России: автореф. дисс. канд. экон. наук. СПб., 2013. 26 с.

3. Вагин В. С. Принципы и факторы устойчивого развития городских территорий // Науковедение. 2015. Т. 7. № 3. С. 1–10.

ПРОБЛЕМАТИКА ИНТЕГРАЦИИ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОСТИ (MAAS) В ГОРОДСКУЮ ИНФРАСТРУКТУРУ

А. И. Сапожников, аспирант

Байкальский государственный университет, Иркутск, Россия

Аннотация. Целью статьи является описание проблематики интеграции современных средств индивидуальной мобильности (далее – СИМ) в городскую инфраструктуру, определение негативных факторов и перспектив формирования «культуры мобильности». В рамках исследования были поставлены задачи: определить виды СИМ и статистику их использования, описать проблематику функционирования на территории городов средств MaaS, сформулировать предложения по организации и упорядочиванию «культуры мобильности». В результате проведенного исследования были выявлены основные проблемы, сформулированы предложения.

Ключевые слова: *средства индивидуальной мобильности, городская среда, MaaS, транспортная инфраструктура, экономика транспорта*

Городская транспортная инфраструктура большинства российских городов представлена классическими маршрутными такси, троллейбусами, трамваями, автобусами и иными элементами транспортной инфраструктуры. Однако, за последние 5 лет в России наблюдается развитие нового, крайне ресурсоёмкого кластера услуг индивидуальной мобильности, представляющего собой организованную систему СИМ, предоставляемых в краткосрочное возмездное пользование населению. Такого рода системы в зарубежной практике относятся к транспортному сегменту предпринимательской деятельности – *Mobility as a Service* (далее – *MaaS*).

В *MaaS* входит несколько обособленных секторов аренды транспортных средств.

Каршеринг – данный вид услуг индивидуальной мобильности является инфраструктурным комплексом предоставления в краткосрочную аренду легкового автотранспорта. Аренда в данном случае заключается на основе факта принятия потребителем пользовательского соглашения и оплаты соответствующего объёма услуг, через электронные платёжные системы. В большинстве случаев услугами каршеринга пользуются жители средних и крупных городов, где организация такого рода предпринимательской деятельности, экономически целесообразна, ввиду большого количества потенциальных пользователей и меньшего риска воздействия криминогенных факторов в виде кражи, порчи или уничтожения автотранспортных средств, предоставляемых во временное пользование.

Согласно официальной статистике услугами каршеринга с каждым годом пользуется всё больше клиентов, это связано с тремя основными факторами:

1) сравнительно более низкая эксплуатационная стоимость единицы арендуемого автотранспорта относительно эксплуатационной стоимости личного автомобиля;

2) отсутствие необходимости в приобретении или аренде гаража, машиноместа для размещения автомобиля;

3) упрощение урегулирования споров при возникновении дорожно-транспортных происшествий [1].

По состоянию на конец 2023 г. среднее количество поездок на одном автомобиле составляло 5 ед. в день, что в пересчёте на среднюю численность автотранспортных средств, занятых в каршеринге, составило 305 тыс. поездок.

Экономические показатели услуг каршеринга, в среднем по России также демонстрируют стабильную положительную динамику. С ростом численности потребителей услуг индивидуальной мобильности в форме каршеринга, владельцы подобного рода предприятий закономерно расширяют автопарк, оптимизируют систему обслуживания.

Кикшеринг – вид транспортных услуг по предоставлению малогабаритных транспортных средств (микромобильность), рассчитанных на количество одновременных пользователей до 2 чел. в краткосрочную аренду. Данный вид услуг индивидуальной мобильности предполагает предоставление в краткосрочную аренду электросамокатов, велосипедов и других видов малогабаритного транспорта, одна из самых массовых и популярных услуг индивидуальной мобильности в России. Данный вид услуг индивидуальной мобильности отличается от традиционных услуг проката велосипедов и каршеринга тем, что к такого рода услугам прибегают для совершения поездок на короткие дистанции. Кикшеринг имеет ярко выраженную сезонность периодов наибольшего спроса, ввиду неблагоприятных природных и метеорологических условий использования, характерных для северной и средней полос России. Данный вид услуг индивидуальной мобильности менее распространен на территории России, что обусловлено существенно большими рисками потери арендуемых транспортных единиц, необходимостью организации специальной стационарной инфраструктуры для размещения транспортных средств, а также предпочтениями целевой аудитории, не желающей в большинстве своём испытывать физические нагрузки [2].

Все существующие виды услуг *MaaS* в большей части России предоставляются на свободной основе без необходимости подтверждения личности, возраста, а также без необходимости проверки пользователя на алкогольное опьянение и иные показатели состояния организма.

Структура рынка услуг *MaaS* (каршеринг и микромобильность) и финансовый результат на перспективу и ретроспективу с 2021 по 2028 гг. отражены на рис. 1 [3].

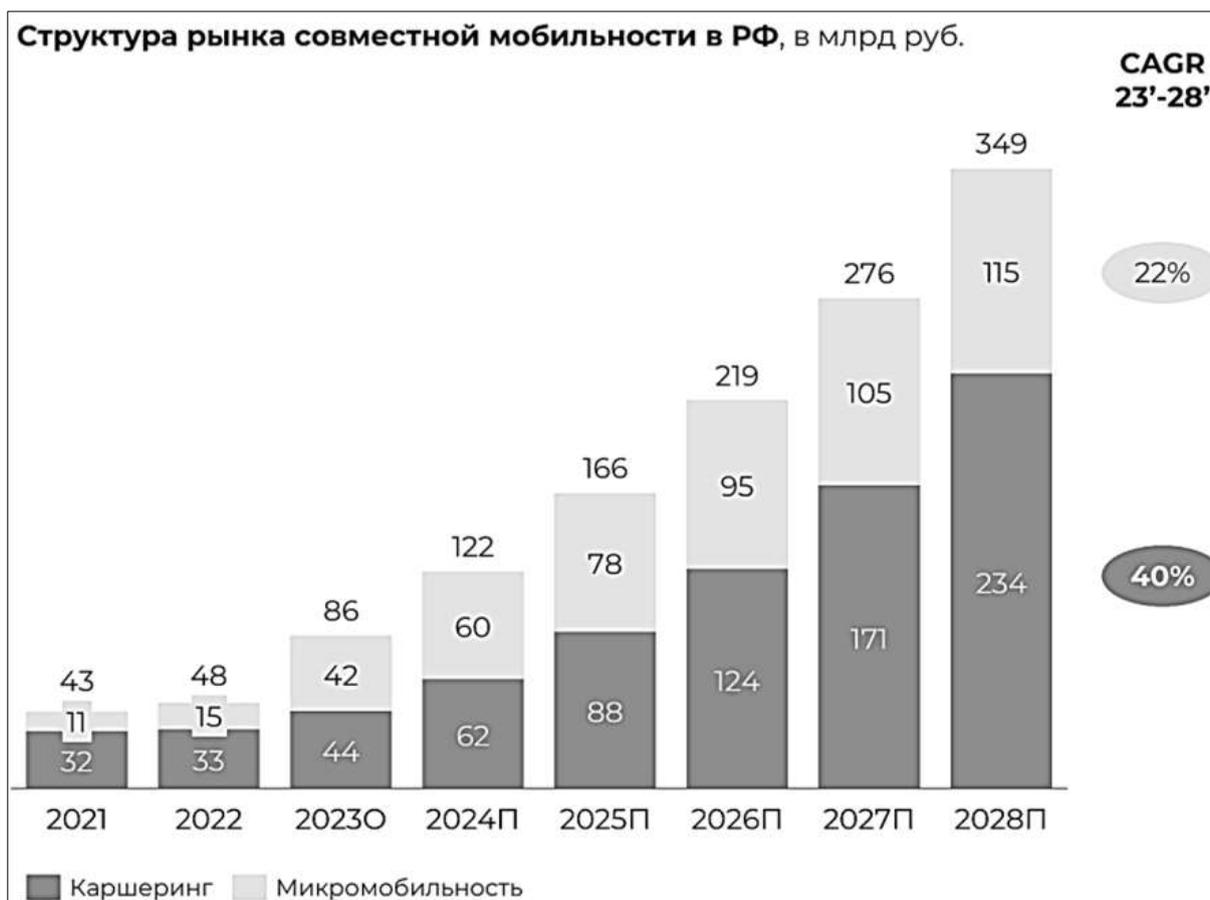


Рис. 1. Структура рынка услуг *MaaS*

Следует учитывать, что, несмотря на широкое разнообразие оказываемых услуг в секторе *MaaS*, главными факторами интеграции СИМ в городскую инфраструктуру является комфорт, безопасность и правомерность размещения и функционирования их в границах муниципальных образований. Это значит, что для допуска субъектов предпринимательской деятельности, предоставляющих услуги в секторе *MaaS*, необходимо установление обязательств по достижению такими субъектами условий, устанавливаемых в федеральном и муниципальном законодательстве и нормативных актах, определяющих порядок и условия действия сервисов *MaaS*.

Однако, следует отметить, что нормативно-правовое регулирование подобного вида экономической и предпринимательской деятельности, а также вида услуг в России, существенно ограничено, в т. ч. ввиду низкого уровня развития системы управления инфраструктурой *MaaS*, низкой степенью цифровизации городов, а также слабого развития специальной транспортной инфраструктуры, что в контексте стремительно развивающейся отрасли услуг *MaaS* и высокого спроса на них, приводит к определённого рода экономическим, правовым и хозяйственным проблемам [4].

Несмотря на существенное повышение индивидуальной мобильности, инфраструктура *MaaS* на текущем этапе развития в России, обладает рядом проблем, оказывающих воздействие на уровень комфорта, безопасности, а также экономическую эффективность функционирования систем СИМ.

К общим проблемам функционирования СИМ, относящихся к категории транспорта, обеспечивающего микромобильность в границах населенных пунктов, относится широкий спектр нарушений правил дорожного движения, нарушение правил безопасности при эксплуатации СИМ, похищение, повреждение или уничтожение СИМ, неправомерное использование СИМ на проезжей части лицами, не достигшими совершеннолетия, или лицами, находящимися в состоянии алкогольного или наркотического опьянения, отсутствие чёткого регламента размещения СИМ в общественных местах, а также иные нарушения, как со стороны пользователей, так и со стороны операторов систем *MaaS*.

Таким образом, к наиболее массовым и значимым проблемам сектора *MaaS* как составной части городской инфраструктуры в России можно отнести:

- ограниченность правового регулирования порядка предоставления в пользование и использования СИМ;
- низкий уровень развития или отсутствие технической инфраструктуры, в т. ч. электронно-информационной, для организации обслуживания и размещения СИМ на территории городов;
- низкую степень проработанности административных механизмов надзора в сфере деятельности компаний-операторов, предоставляющих услуги индивидуальной мобильности, а также пользователей услуг *MaaS*.

Следует отметить, что, несмотря на введённые Постановлением Правительства РФ № 1 769 от 06.10.2022 изменения в правила дорожного движения, аварийность с участием СИМ за период с 2019 по 2023 гг. существенно возросла. График динамики числа аварий с участием СИМ представлен на рис. 2 [5].

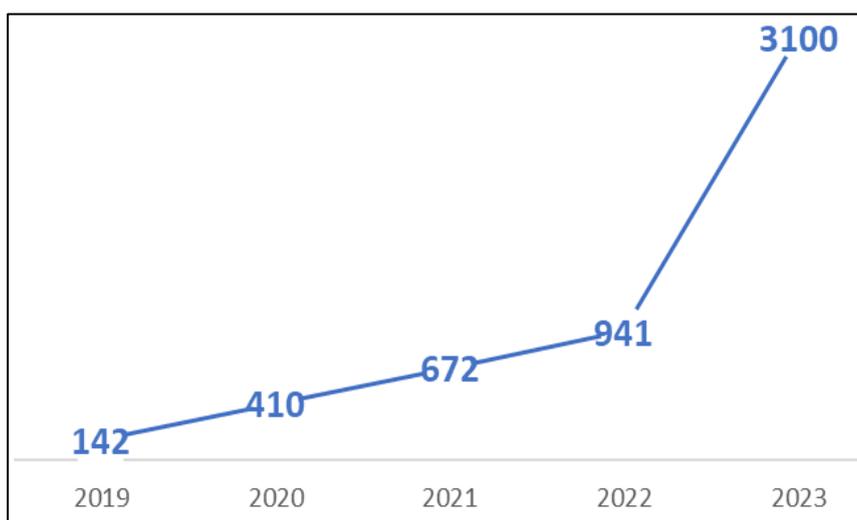


Рис. 2. Динамика аварийности с участием СИМ

Кроме проблемы аварийности следует указать на недостаточный уровень контроля размещения СИМ в общественных местах, что может создавать затруднения для передвижения пешеходов и маломобильных категорий граждан.

Таким образом, к несоответствиям городской инфраструктуре можно отнести отсутствие специальных парковочных мест для размещения СИМ, которые, в отличие от автомобильных стоянок не предусмотрены инфраструктурой большинства городов России, что также предполагает опасность самокатов для окружающих ввиду взрыва батарей. Дополнительной проблемой является движение пользователей СИМ по тротуарам и отсутствие средств контроля скоростного режима в пешеходной зоне, что приводит к травматизму и высокой опасности инвалидизации населения.

Для решения проблем интеграции систем *MaaS* как составной части городской инфраструктуры необходима разработка и реализация ряда инженерно-инфраструктурных и правовых мер, перечень предлагаемых решений и результатов от их реализации указан в табл. 1.

Таблица 1

Система предлагаемых решений в контексте проблематики эксплуатации и функционирования СИМ на территории городов

Группа проблем	Предлагаемое решение	Предполагаемый результат
1	2	3
Недостаточное правовое регулирование порядка предоставления в пользование и использования СИМ	<ul style="list-style-type: none"> – разработка региональных и муниципальных норм эксплуатации СИМ на основе ПДД; – обязательная регистрация пользователей СИМ и контроль корректности использования транспорта через телеметрию СИМ; – обязательная проверка потенциального пользователя СИМ на предмет опьянения 	<ul style="list-style-type: none"> – снижение травматизма и инвалидизации населения из-за ДТП и несчастных случаев; – повышение безопасности в пешеходных зонах
Недостаточность или отсутствие специальной инфраструктуры, в т. ч. электронно-информационной, для организации обслуживания и размещения СИМ на территории городов	<ul style="list-style-type: none"> – организация муниципальных транспортных узлов (площадок) для размещения СИМ, снабжённых средствами контроля и оплаты услуг <i>MaaS</i>; – предоставление муниципальных площадок в аренду операторам систем <i>MaaS</i> 	<ul style="list-style-type: none"> – оптимизация использования городского пространства; – повышение эстетической привлекательности районов с высокой концентрацией СИМ; – повышение защищённости населения от последствий технических неисправностей СИМ

1	2	3
Низкий уровень организации административного контроля деятельности компаний-операторов, предоставляющих услуги индивидуальной мобильности, а также пользователей услуг <i>Maas</i>	– установление автоматической системы штрафов для операторов и пользователей, оставляющих СИМ в непредназначенном месте; – установление требования о предоставлении оператором систем <i>Maas</i> данных о техническом состоянии и техническом обслуживании СИМ	– уменьшение хаотичного размещения СИМ в пешеходной зоне, а также на проезжей части; – повышение уровня осведомлённости администрации о состоянии парка СИМ

Список источников

1. Филиппов С. А. Каршеринг как новое явление в гражданском праве РФ / С. А. Филиппов, П. О. Переярина // Вестник СГЮА. 2019. № 3 (128).

2. Завьялов Д. В. Методика выявления перспективных зон для развития велошеринга в городском пространстве / Д. В. Завьялов, Н. Б. Завьялова, А. И. Гришин и др. // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2022. № 4.

3. Статистика и структура рынка услуг *Maas*. URL: b1.ru/upload/sprint.editor/16f/nj8rf9cdt1rmznet6jpu0ka0xpn08aev/b1-car-sharing-in-russia-urveys.pdf.

4. Сакульева Т. Н. Система *Maas* и её проблематика // E-Management. 2018. № 2.

5. Количество ДТП с электросамокатами и СИМ в 2023 г. URL: fontanka.ru/2024/04/12/73456640.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НОРМАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ И СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

В. И. Сарченко, д-р экон. наук, профессор;

С. А. Хиревич, канд. экон. наук, доцент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В статье отмечена актуальная проблема изучения двух ключевых типов территорий РФ, а именно урбанизированных и сельских. Представлены отличительные особенности каждого типа анализируемой территории. Отмечено, что в данный момент границы разграничения подобных территорий чётко не определены. Выполнен анализ основной нормативной документации, регулирующей пространственное развитие, выделены специфические требования, предъявляемые к сельским территориям.

Ключевые слова: *компоненты среды жизнедеятельности, качество, комфорт, городской образ жизни, привлекательность территории*

Стремительный рост городского населения в последние десятилетия сопровождается не только бурным экономическим ростом городов, но и возникновением новых проблем, связанных с их развитием. Становится всё более очевидно, что рост городов формирует новую повестку – создание урбанизированных систем. Такие системы в некоторых случаях именуются как городские агломерации.

Изучением городов, городских агломераций, определению их границ, внутренней структуры и состава занималось множество как отечественных, так и зарубежных исследователей [1]. Однако большинство из них относят территории к городским либо по критерию транспортной доступности (изохорны), по гравитационному принципу, или же анализируя плотность населения. В некоторых случаях выделяется такой показатель, как маятниковые миграции, однако до сих пор остаётся не раскрытым вопрос их количественного измерения [2]. При этом на повестке дня остаётся проблема не только методологии отнесения территориальных образований к урбанизированным, но и недостаточно раскрыт аспект основных отличий урбанизированных территорий от сельских.

Целью данного исследования является анализ существующей нормативной документации в части закреплённых в ней требований к урбанизированным и сельским территориям.

Ключевыми признаками урбанизированных территорий являются: городской образ жизни; развитая инфраструктура; уникальный социо-эколого-экономический потенциал. Городская жизнь представляет собой уникальную совокупность типичных форм повседневной активности людей, которая формируется под воздействием города как специфической

социально-пространственной среды [3]. Эта жизнь развивается в рамках определенных исторических условий, как на макро-, так и на микроуровне. Внутреннее единство городской жизни обусловлено целостным характером участников этого процесса, их общими ценностями, социальными установками и жизненными ориентирами. Городской образ жизни характеризуется высокой плотностью населения, обеспеченность жителей современными городскими удобствами и благами, высоким уровнем дохода граждан, разнообразием культурных и социальных взаимодействий, наличием высокопроизводительных рабочих мест, высокой долей интеллектуального труда, а также активным участием граждан в общественной жизни [4].

Сельские территории представляют собой уникальный социально-экономический и культурный ареал, где развивается жизнь сельских сообществ. Эти пространства расположены за пределами урбанизированных зон и включают в себя разнообразные сельские поселения, состоящие из малых населенных пунктов с их собственной социально-производственной инфраструктурой. Здесь находятся предприятия, которые взаимодействуют с окружающим природным ландшафтом, а также межселенные территории, создавая гармоничную среду для жизни и деятельности местных жителей [5; 6].

Недостаточно раскрытым остаётся аспект классификации промежуточных территорий, которые, как правило, располагаются рядом с административными границами крупных городов. Такие территории в большинстве случаев именуются пригородом. В настоящее время урбанизированные территории разграничиваются с сельскими с использованием административного принципа, т. е. по административным границам городов и сельских районов. В качестве альтернативы авторами предлагается в процессе отнесения территории к той или иной категории ориентироваться на уровень урбанизации, характеризующийся плотностью проживающего на территории населения. В результате с уменьшением плотности до предельного значения территория из категории урбанизированной переходит в категорию сельской.

Стоит отметить, что урбанизированные и сельские территории противопоставляются друг другу. Однако в ряде социальных исследований отмечается, что порядка 55 % сельских жителей хотели бы переехать со своего места жительства в более привлекательные городские образования. Более ярко выражен данный тренд среди молодого населения. Тем не менее и среди городских жителей есть существенная доля населения (около 40 %), которые так или иначе готовы переехать в сельские населенные пункты [7]. В качестве причин, не позволяющих принять решение о смене места жительства, последние отмечают следующие – неудовлетворительные жилищные условия, ограниченный рынок труда, неразвитость инфраструктуры и низкая связанность территорий.

Для выявления возможности формирования комфортной среды жизнедеятельности на урбанизированных и сельских территориях авторами был выполнен анализ существующей нормативной документации с целью разграничения требования к каждому типу территорий (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительный анализ нормативного обеспечения развития урбанизированных и сельских территорий

Компонент среды	Нормативный документ	Общие требования к обеспеченности (потребность)	Специфические требования для сельских территорий
1	2	3	4
Детские дошкольные образовательные учреждения	СП [8]	Устанавливается в зависимости от социально-демографических особенностей региона. В населённых пунктах – новостройках – до 180 мест на 1 тыс. чел. На территории жилой застройки – не более 100 мест на 1 тыс. чел. Доступность – 500–800 м	Доступность – до 1 000 м
	РНГП [9]	Предполагается 65–85 мест на 100 детей в возрасте от 1 до 7 лет. Доступность пешеходная – 7 мин (500 м), транспортная – 5 мин	Транспортная доступность – не более 30 мин
	Стандарт КРТ [10]	В среднеэтажной модели рекомендуется размещать детские сады вместимостью не более 150 мест. В центральной модели размещаются в основном на первых этажах жилых зданий. Рекомендуемая вместимость – до 80 мест	Предусматривается пешеходная доступность, не превышающая 5 мин
Общеобразовательные учреждения	СП	Устанавливается в зависимости от социально-демографических особенностей региона. В населённых пунктах – новостройках – не менее 180 мест на 1 тыс. чел. Доступность – до 500–800 м	Доступность – до 1 000 м
	РНГП	Регламентируется 90–95 мест на 100 детей в возрасте от 7 до 17 лет. Доступность пешеходная – 12 мин (800 м), транспортная – 10 мин	Транспортная доступность – не более 30 мин
	Стандарт КРТ	Предлагается размещать школы вместимостью 825–1 150 мест на участках размером не более 1,8 га. Доступность до объекта – 300–500 м	Не более 15 мин транспортной доступности

1	2	3	4
Площадь озеленённых территорий общего пользования	СП	Не менее 8–10 м ² /чел. для общегородских территорий общего пользования, а также не менее 6 м ² /чел. для жилых районов	Не менее 12 м ² на 1 чел.
	РНГП	Не менее 2–12 м ² /чел. Транспортная доступность до мест рекреации – 15–30 мин	Специальных условий не предусмотрено
	Стандарт КРТ	Не менее 10 м ² /чел. При этом должно быть озеленено не менее 40 % от территории общего пользования	Не менее 30 м ² на 1 чел. Более 15 % от территории общего пользования
Предприятия бытового обслуживания населения	СП	От 9 (от 2 для микрорайона и жилого района) рабочих мест на 1 тыс. чел. Доступность – 500–800 м	От 7 рабочих мест на 1 тыс. чел. Доступность – не более 2 000 м
	РНГП	Не регламентируется	Не регламентируется
	Стандарт КРТ	Доля объектов общественно-деловой инфраструктуры – 20–30 % от общей площади. Доступность пешеходная – 5 мин	Доля объектов общественно-деловой инфраструктуры – 10–20 %. Доступность – 5 мин
Учреждения торговли непродовольственными товарами	СП	Около 30–180 м ² торговой площади на 1 тыс. чел. Доступность – 500–800 м	До 200 м ² торговой площади на 1 тыс. чел. Доступность – не более 2 000 м
	РНГП	Не регламентируется	
	Стандарт КРТ	Доля помещений, приспособленных для размещения объектов торговли и услуг, – 5–15 % от общей жилой площади (в зависимости от типа застройки). Предлагается размещать на первых этажах многоквартирных зданий. Пешеходная доступность – не более 5 мин	Специальных условий не предусмотрено
Учреждения торговли продовольственными товарами	СП	Около 100 м ² (70 м ² для микрорайона и жилого района) торговой площади на 1 тыс. чел. Доступность – 500–800 м	До 100 м ² торговой площади на 1 тыс. чел. Доступность – не более 2 000 м
	РНГП	Не регламентируется	
	Стандарт КРТ	Доля помещений, приспособленных для размещения объектов торговли и услуг, – 5–15 % (размещение на первых этажах многоквартирных зданий). Доступность – не более 5 мин	Специальных условий не предусмотрено

В табл. 1 рассмотрены только те инфраструктурные элементы, по которым в нормативной документации имеются различия между требованиями к городским и сельским территориям. К сожалению, требования к учреждениям здравоохранения в полной мере установлены только в своде правил «Градостроительство». В целом можно отметить, что основные отличия по элементам социальной инфраструктуры между сельскими и урбанизированными территориями связаны с уровнем их транспортной и пешеходной доступности. Авторы отмечают некое противоречие в части требований к озелененным территориям, в рамках проанализированной документации можно сделать вывод о том, что на сельских территориях необходимо больше проектировать озеленения, чем на урбанизированных, при этом, как правило, в границах сельских территорий экологическая обстановка в целом гораздо лучше. Аналогичная ситуация связана с учреждениями торговли – для чего проектировать больше торговых площадей на сельских территориях, где плотность населения и спрос, очевидно, не так выражен, как на урбанизированных? В результате следует отметить, что в большинстве документов как таковых специфических требований к формированию среды в границах сельских территорий не выделено. Можно считать, что по умолчанию нормативное обеспечение на сельских территориях должно соответствовать городскому. Фактическое же состояние сельских населенных мест значительно отличается от уровня территорий с городским образом жизни.

Выявленные в результате проведённого исследования тенденции свидетельствуют о том, что в настоящее время нет чёткой структуры нормативов в области формирования качественной и комфортной среды проживания, которая бы определяла основные отличительные особенности сельских и урбанизированных территорий. Это не значит, что не определено понимание, какое количество и структуру компонентов среды нужно формировать на той или иной территории. Наоборот, вся структура инфраструктурных элементов для сельских территорий предусмотрена, однако проектировать её почему-то предлагается по аналогии с урбанизированными территориями. Но проблема существенного различия качества проживания на рассматриваемых территориях тем не менее до сих пор не решена. В качестве мер повышения качества среды жизнедеятельности на сельских территориях авторами предлагается не только разработать отдельные положения по проектированию компонентов качественной среды на данных территориях, но и внести дополнительные рекомендации по их благоустройству, опирающиеся на опыт лучших практик.

Список источников

1. Антонов Е. В. Городские агломерации: подходы к выделению и делимитации // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. 2020. Т. 13. № 1. С. 180–202. DOI: 10.23932/2542-0240-2020-13-1-10.

2. Дьячкова П. А. Анализ маятниковых миграций в городской агломерации: социологические опросы и большие данные / П. А. Дьячкова, Н. Л. Мосиенко // Мир экономики и управления. 2021. Т. 21. № 4. С. 205–228. DOI: 10.25205/2542-0429-2021-21-4-205-228.
3. Сарченко В. И. Новый подход к реализации генеральных планов городов // Экономика строительства. 2012. № 3 (15). С. 3–10.
4. Лаур А. Сервейинг: организация, экспертиза, управление: учебник / А. Лаур, С. А. Баронин, С. И. Беляков и др. 2-е изд. М.: АСВ, 2021. 520 с.
5. Шумакова О. В. Устойчивое развитие сельских территорий: понятие и сущность / О. В. Шумакова, М. А. Рабканова // Фундаментальные исследования. 2014. № 8–7. С. 1 643–1 646.
6. Лаврентьева И. В. Критерии оценки и алгоритм расчёта индекса качества среды сельских территорий / И. В. Лаврентьева, В. В. Джавахия, Н. В. Седова // Федерализм. 2022. Т. 27. № 2 (106). С. 62–81. DOI: 10.21686/2073-1051-2022-2-62-81.
7. Сарченко В. И. Моделирование развития современных городов в условиях целевой мобильности и неопределённости // Вестник ИрГТУ. 2015. № 6 (101). С. 266–272.
8. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.
9. Об утверждении региональных нормативов градостроительного проектирования Красноярского края: Постановление Правительства Красноярского края № 631-п от 23.12.2014 // Наш Красноярский край. 2015. № 36.
10. Свод принципов комплексного развития городских территорий. Кн. 1. М.: КБ Стрелка, 2019. 284 с.

СИСТЕМА ФИНАНСИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В. В. Серватинский, канд. экон. наук, доцент;

Б. И. Власов, магистрант

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Статья анализирует финансовую систему России, её структуру и функции. Основное внимание уделяется проектному финансированию, особенно в строительной отрасли, и системе эскроу-счетов в жилищном строительстве. Цель статьи – показать, как эти элементы способствуют макроэкономической стабильности, экономическому росту и улучшению жилищных условий. Результаты подчёркивают стратегическое значение этих систем для устойчивого развития экономики России.

Ключевые слова: *финансовая система, проектное финансирование, эскроу-счета, жилищное строительство, инвестиционные проекты*

Финансовая система РФ является комплексом взаимосвязанных компонентов, которые играют важную роль в финансовой деятельности и содействуют её реализации. В её структуру входят финансовые институты и инструменты, обеспечивающие необходимые условия для проведения финансовых процессов [1].

Финансовая система включает в себя органы управления финансами, финансово-кредитные учреждения, финансовые ресурсы, а также законодательные акты, правила и нормы, регулирующие финансовую деятельность.

В условиях рыночной экономики главной задачей финансовой системы является достижение макроэкономической стабильности посредством применения определённых методов и инструментов. Это подразумевает формирование финансовых условий, способствующих воспроизводству национального продукта при полной занятости рабочей силы и низком уровне инфляции.

Одной из основных схем финансирования инвестиционных проектов в РФ является система проектного финансирования.

Проектное финансирование в строительной отрасли – это специализированный метод финансирования, при котором средства предоставляются не на основе кредитоспособности застройщика, а исходя из будущих денежных потоков и доходности самого строительного проекта [1].

Основная идея заключается в том, что финансирование осуществляется через создание отдельной компании с ограниченной ответственностью, которая называется *SPV (special purpose vehicle)* или *SPE (special purpose entity)*. Эта компания создается исключительно для реализации конкретного проекта.

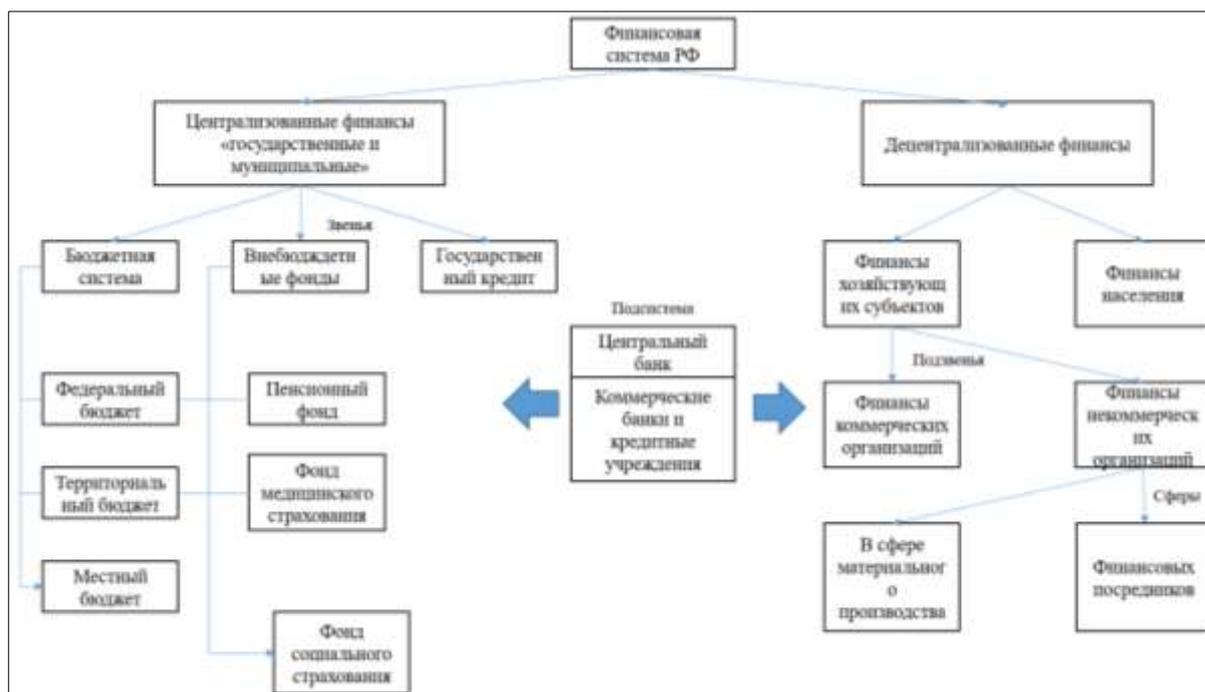


Рис. 1. Схема финансовой системы РФ

Принцип работы проектного финансирования в строительстве включает следующие шаги.

1. Для каждого проекта создаётся отдельное юридическое лицо, которое будет отвечать за реализацию и управление проектом.

2. Банки и инвесторы оценивают проект на предмет его экономической жизнеспособности и потенциальной доходности.

3. Определяется соотношение между собственным капиталом и заемными средствами, а также условия их предоставления.

4. Риски проекта распределяются между всеми участниками, включая застройщика, инвесторов, банки и другие стороны.

5. После сбора необходимых средств проект переходит к этапу реализации.

6. После завершения строительства и начала эксплуатации объекта начинается возврат инвестиций и выплата процентов участникам проекта из полученных денежных потоков.

Таким образом, проектное финансирование позволяет реализовывать крупные строительные проекты с минимизацией финансовых рисков за счёт привлечения и использования средств инвесторов и банков, основываясь на будущих доходах от самого проекта

Система проектного финансирования в России используется в различных направлениях, включая:

– нефтегазовый сектор – одна из наиболее активных областей применения проектного финансирования, где оно используется для разработки крупных месторождений и строительства инфраструктуры;

– инфраструктурные проекты – проектное финансирование применяется для строительства платных дорог, аэропортов, мостов, туннелей и железных дорог;

– энергетические объекты – включает финансирование строительства электростанций, ветряных и солнечных парков;

– общественные здания – проектное финансирование используется для строительства школ, больниц и других социально значимых объектов;

– государственно-частные партнёрства (ГЧП) – сотрудничество между государством и частным сектором для реализации проектов, которые могут включать любое из вышеупомянутых направлений.

Эти направления отражают широкий спектр возможностей для использования проектного финансирования, что способствует развитию экономики и модернизации инфраструктуры в России. Кроме того, проектное финансирование помогает привлекать частные инвестиции и распределять риски между участниками проекта.

Система финансирования жилищного строительства занимает одно из ключевых мест в финансовой системе РФ. Она базируется на использовании специальных эскроу-счетов, счетов условного депонирования. Эти счета используются для хранения средств граждан в кредитных организациях до момента окончания строительства, ввода в эксплуатацию и передачи жилого помещения дольщику.

При использовании механизма проектного финансирования застройщик использует собственные средства или банковские кредиты для финансирования инвестиционных проектов, в зависимости от программы до 85 % бюджета проекта.

По данным Росстата, ввод жилья за 2023 г. при использовании эскроу-счетов составил 110,44 млн м², что является абсолютным рекордом в России. Это на 7,5 % больше результата 2022 г. При этом многоквартирных домов введено 51,76 млн м², это больше на 13,7 % к аналогичному периоду прошлого года [3].

В целом система финансирования жилищного строительства занимает стратегическую позицию в финансовой системе России, направленную на стимулирование развития жилищного строительства и обеспечение доступности жилья для граждан.

Система финансирования инвестиционных проектов в жилищном строительстве включает в себя несколько ключевых компонентов, каждый из которых играет важную роль [4].

1. Инвесторы:

– предоставляют необходимые финансовые ресурсы для реализации проектов. Они могут быть как частными лицами, так и институциональными организациями;

– ожидают получения прибыли от своих инвестиций.

2. Застройщики и проектировщики:

– разрабатывают проекты, проводят исследования и получают разрешения на строительство;

– управляют процессом строительства и обеспечивают выполнение планов.

3. Строительные компании:

- выполняют непосредственное строительство объектов;
- обеспечивают качественное и своевременное выполнение работ.

4. Банки и кредитные организации:

- предоставляют займы и кредиты для поддержки строительства;
- играют роль посредников, управляя денежными потоками и обеспечивая финансирование.

5. Государственные органы:

- регулируют процесс, устанавливают стандарты и нормативы;
- могут предоставлять субсидии и льготы для стимулирования развития жилищного строительства.

6. Покупатели жилья:

- являются конечными потребителями;
- их спрос и платёжеспособность влияют на общую эффективность финансирования.

Система финансирования инвестиционных проектов в жилищном строительстве представляет многокомпонентную структуру, включающую различные методы финансирования и множество участников, каждый из которых играет свою роль и взаимодействует с другими сторонами.

Финансирование инвестиционных строительных проектов – это процесс обеспечения необходимых финансовых ресурсов для реализации долгосрочных инвестиционных проектов в сфере строительства. Оно включает в себя привлечение средств и их целевое использование для строительства капитальных объектов, а также получение прибыли от их эксплуатации. Существует несколько способов финансирования, таких как собственные средства, кредиты, привлечение соинвесторов и публичное размещение ценных бумаг. Проектное финансирование играет ключевую роль в успешной реализации инвестиционных строительных проектов. На рис. 2 представлены наиболее распространённые источники финансирования инвестиционных проектов в жилищном строительстве.



Рис. 2. Источники финансирования ИСП в жилищном строительстве

Таким образом, финансовая система России играет важную роль в макроэкономической стабильности и экономическом росте. Проектное финансирование эффективно для крупных строительных проектов, минимизируя риски за счёт привлечения инвесторов и банков. Система финансирования жилищного строительства с эскроу-счетами показала высокую эффективность, что подтверждается рекордными показателями ввода жилья в 2023 г. Участники системы, включая инвесторов, застройщиков, строительные компании, банки, государственные органы и покупателей жилья, взаимодействуют для успешной реализации проектов, способствуя модернизации инфраструктуры и улучшению качества жизни граждан.

Список источников

1. Князева Е. Г. Финансовые рынки и институты / Е. Г. Князева, М. И. Львова, Н. Н. Мокеева и др. 1-е изд. Екатеринбург: УрФУ, 2020. 96 с.
2. Похиль Е. Ю. Схемы финансирования инвестиционно-строительных проектов // Оценка инвестиций. 2016.
3. Статистика обманутых дольщиков в России за 2020 г. URL: realty.ria.ru/20200617/1573053495.html.
4. Способы финансирования инвестиционно-строительных проектов. URL: spravochnick.ru/menedzhment/sposoby_finansirovaniya_investicionno-stroitelnyh_proektov.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

К. А. Смирнов, аспирант

Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

ООО «Институт “Мосинжпроект”», Москва, Россия

Аннотация. В статье раскрывается категория «эффективность» и особенности реализации механизма повышения эффективности деятельности предприятия на основе сложившейся практики управления. Рассматриваются основные подходы и факторы, используемые при формировании механизма повышения эффективности для достижения максимального преобразования структуры управления и исключения малоэффективных процессов. Перспективы развития подходов напрямую зависят от способности предприятия к адаптации и применения информационных технологий.

Ключевые слова: *предприятие, эффективность деятельности, подходы формирования механизмов, факторы влияния, технологии*

Строительно-проектная отрасль играет ключевую роль в экономике России, поскольку она не только обеспечивает создание и обслуживание инфраструктуры, но и оказывает значительное влияние на различные сектора экономики. Строительство и проектирование в России сталкиваются с различными вызовами, такими как необходимость повышения эффективности, соблюдение строгих нормативов и стандартов, а также устойчивое использование ресурсов. Отрасль активно развивается в условиях изменяющейся экономической конъюнктуры, включая влияние цифровизации, устойчивого развития и внедрения инновационных подходов управления.

Сегодня предприятие представляет собой сложную организационно-экономическую структуру, включающую комплекс из социальных и экономических составляющих, направленных на реализацию поставленных целей и получение прибыли. Важными для предприятия факторами сегодня являются: условия ограниченности ресурсов, нестабильность экономики, перестраивающиеся логистическая система под давлением санкций, уход многих иностранных предприятий-партнёров с отраслевого рынка. Такие факторы влияют как на само предприятие, так и на отрасль в целом, а формирование и развитие механизма повышения эффективности деятельности является гарантом минимизации рисков, возможностью наладить по-новому бизнес-процессы [1].

Эффективность деятельности предприятия зависит от многих факторов, как складывающихся внутри самого предприятия, так и внешних, оказываемых влияние не только на предприятие, но и на сферу деятельности.

Механизм эффективности деятельности предприятия можно определить как совокупность управленческих технологий и инструментов в синергии с применением имеющихся в распоряжении предприятия ресурсов и возможностей, учитывающих воздействие внешней среды (состояние экономики в целом, нормативно-правовое обеспечение и издание новых законодательных актов, господдержка и программы развития). С целью повышения своей эффективности предприятия часто обращаются к различным подходам управления, существование которых оценивается во множестве научных трудов сферы экономики и управления.

В условиях меняющейся экономики вследствие различных факторов и приспособления предприятий необходимость применения наиболее эффективного механизма повышения эффективности деятельности для предприятия становится приоритетной целью. Способность предприятия к адаптации и использованию ограниченных ресурсов требуют детального анализа для устранения недочетов в управлении и направлении к экономической устойчивости с реализацией долгосрочных планов.

Под эффективностью деятельности предприятия понимается способность формулировать свои цели с учётом внешних и внутренних условий функционирования и достигать поставленных результатов путем использования средств, при установленном соотношении затрат и результатов [2]. Выделим основные показатели эффективности:

- рентабельность активов;
- анализ их оборачиваемости;
- производительность труда;
- качество продукции;
- энергоэффективность;
- фондовооружённость;
- фондоотдача;
- материалоемкость.

В свою очередь, механизм повышения эффективности представляет собой систему управления, включающую упорядоченные задачи с чётким распределением материальных и трудовых ресурсов на каждом этапе реализации поставленных задач для достижения максимально эффективного результата, с последующей оценкой и корректировкой действий [3]. В табл. 1 представлены основные подходы к формированию механизма повышения экономического потенциала предприятия [4; 5].

Для поиска наиболее эффективного механизма повышения деятельности инвестиционно-строительных предприятий необходимо рассмотреть факторы, влияющие на формирование механизма повышения деятельности, представленные на рис. 1.

Подходы к формированию механизма
повышения эффективности предприятия

Подход	Сущность
Процессный подход	Ориентирован на оптимизацию бизнес-процессов предприятия путём моделирования процессов в визуально удобную форму с целью определения проблемных аспектов и дальнейшего повышения эффективности уже налаженных процессов
Системный подход	Определяет необходимость комплексного анализа предприятия с целью выявления факторов, изменение которых отражается на других. Выявление функций, которые могут быть объединены в единый процесс для достижения общих целей
Управление качеством	Внедрение систем повышения качества на основе <i>Total Quality Management</i> с применением международных стандартов <i>ISO</i>
<i>Lean</i> -методология	Заключается в своевременном анализе и выявлении всех видов потерь с минимизацией ущерба для предприятия. Постоянное улучшение и повышение качества процессов
Балансы интересов	Ориентация на ключевые показатели эффективности для определения наиболее реальных и достижимых целей. Применение систем стратегического управления, учитывающих как финансовые, так и нефинансовые показатели эффективности предприятия
Инновационный подход	Внедрение устоявшихся инновационных технологий для упрощения взаимодействия между процессами и их контролем. Разработка своих уникальных продуктов и методов, применимых в конкретной сфере, учитывающих особенности деятельности. Использование технологий с применением искусственного интеллекта
Человеческий капитал	Формирование программ по повышению квалификации сотрудников и единой корпоративной культуры
Аналитический подход	Использование различных данных и сравнение с аналогичными предприятиями для выявления уязвимых процессов внутри организации, не позволяющих реализовать потенциал предприятия

Выявление сильных и слабых сторон, учёт инновационных ресурсов и технологий позволяют сформировать и реализовать стратегию повышения экономического потенциала предприятия для улучшения его конкурентоспособности, финансовой устойчивости и эффективного использования ресурсов с инвестициями [6].

Основываясь на развитии технологий в области управления, стоит отметить появление все большего количества отечественного программного обеспечения, позволяющего упростить разработку и внедрение механизмов повышения эффективности деятельности предприятий [7].



Рис. 1. Факторы формирования механизма повышения деятельности предприятия

Pilot-BIM – программное обеспечение, которое ускоряет процессы взаимодействия, переводя все необходимые данные в цифровой вид. Упрощается взаимодействие между отделами и филиалами предприятия, сокращается использование бумажных носителей информации, вследствие чего уменьшаются издержки производства и снижаются затраты. Также внедрение данной программы позволяет эффективнее взаимодействовать с контрагентами предприятия, предоставляя им доступ к документации по специальной, защищённой ссылке.

PIK-Digital – программное обеспечение, позволяющее предприятию заниматься универсальным проектированием в пространственной модели. Преимуществами является универсальность и функциональная возможность программы. Также данное программное обеспечение позволяет произвести непосредственно в модели оценку финансовых показателей и получить полную ведомость объемов работ по реализации проекта [8].

В ближайшие годы компании, способные эффективно интегрировать новые механизмы повышения продуктивности, обретут значительное конкурентное преимущество на рынке. Цифровизация, гибкость, устойчивое развитие, аналитика данных и внимание к человеческому капиталу сформируют краеугольные факторы успеха в условиях стремительно изменяющейся бизнес-среды. Инновации и ориентация на клиента будут определять путь бизнес-процессов. Каждое из этих направлений требует не только технического мастерства, но и глубокого понимания потребностей общества, что станет основой для устойчивых изменений и положительного воздействия на окружающий мир. В эпоху, насыщенную неожиданными вызовами и бесконечными возможностями, именно те организации, которые осмелятся шагнуть за рамки традиционного мышления, станут первопроходцами в своих отраслях.

Список источников

1. Пурлик В. М. Управление эффективностью деятельности организации: учебник. М.: Юрайт, 2024. 207 с.
2. Соколов А. Ю. Управление эффективностью бизнеса: учеб. пособие / А. Ю. Соколов. Казань: КФУ, 2023. 200 с.
3. Совершенствование механизмов повышения инновационной активности промышленных предприятий: колл. моногр. / под ред. М. Я. Веселовского, И. В. Кировой. М.: Научный консультант, 2017. 304 с.
4. Горелкина И. А. Методические подходы к обоснованию системы экономических показателей оценки эффективности деятельности организации // Экономический анализ: теория и практика. 2020. № 10.
5. Пирогова О. А. Пути повышения эффективности деятельности предприятия // Вектор экономики. 2020. № 4.
6. Матушкин М. А. Стратегическое управление конкурентоспособностью производства в турбулентной среде / М. А. Матушкин, Е. Г. Горбунова // Бизнес. Образование. Право. 2015. № 2.
7. Новиков В. С. Исследование в действии интегрированных маркетинговых коммуникаций как элементов информатизации и виртуализации экономики / В. С. Новиков, Ю. И. Новикова // Экономика и предпринимательство. 2012. № 3 (26). С. 207–211.
8. Марусинина Е. Ю. Стратегические направления социально-экономического и инновационного развития территорий современной России: теоретические основания и прикладные подходы реализации: колл. моногр. / Е. Ю. Марусинина, Н. С. Мушкетова, В. С. Новиков и др. Краснодар, 2021.

КАДРЫ БУДУЩЕГО: ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Н. А. Солопова, д-р экон. наук, профессор;

Н. С. Бутаков, аспирант

Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Аннотация. Данная научная статья посвящена исследованию взаимосвязи между подготовкой специалистов и цифровыми изменениями в строительстве. Тема является актуальной, т. к. именно качество подготовки кадров определяет скорость и эффективность цифровой трансформации в строительной отрасли. В настоящее время можно отметить, что система подготовки специалистов далека от совершенства, что требует корректировки. В результате работы предложен ряд практических решений, которые способны улучшить подготовку специалистов в строительной сфере с учётом процесса цифровизации.

Ключевые слова: *подготовка специалистов, цифровые изменения, строительная сфера, программы обучения, цифровые инструменты*

Цифровизация охватывает все отрасли экономики, и строительная сфера не является исключением. С 2019 г. Правительство РФ признало строительную отрасль драйвером экономики, поэтому в ней не только должна происходить цифровизация по многим направлениям, но и она должна быть особенно активной. В результате представленных рассуждений Правительства РФ, с 2021 г. были официально определены ключевые цифровые технологии, которые станут основой для строительства. Среди них цифровое моделирование, *Big Data*, *VR*- и *AR*-технологии, искусственный интеллект, а также ряд других [1]. Предполагалось, что указанные технологии должны быть активно внедрены не позднее начала 2028 г. На сегодняшний день некоторые из этих технологий действительно применяются в ряде проектов, но их использование нельзя назвать по-настоящему массовым. Можно надеяться, что компании смогут самостоятельно обучить своих сотрудников и выполнить прогнозируемые задачи. Однако полагаться исключительно на самостоятельные усилия отрасли в решении этой проблемы не следует. Поэтому подготовка специалистов в строительной сфере должна учитывать новые условия, включая обучение использованию цифровых технологий, определенных Правительством РФ ещё в 2021 г. Если программы подготовки не будут совершенствоваться и корректироваться, цифровые преобразования в строительстве, такие как повсеместное внедрение цифровых технологий при инженерных изысканиях, проектировании, строительных процессах и эксплуатации зданий, создание цифровых реестров и документов, «цифровых двойников», реализация цифрового строительного надзора и контроля, а также развитие

«умных городов» и «умных домов», станут либо недоступными, либо малоиспользуемыми. Кроме того, их внедрение может оказаться крайне дорогостоящим из-за нехватки специалистов с необходимыми навыками. Исходя из этого, вопрос подготовки кадров, готовых к цифровым изменениям в строительстве – актуальная тема, требующая авторских практических предложений.

В первую очередь, необходимо отметить, что существующие программы подготовки специалистов строительной отрасли часто акцентируют внимание на цифровом проектировании здания и процесса строительства [2]. Несмотря на наличие этого благоприятного фактора, полностью, цифровые модели здания, представляющие собой электронный образ постройки с указанием важнейших элементов, не используются. Исходя из этого, подготовку таких специалистов в нынешних условиях необходимо признать недостаточной. Цифровой инструмент проектирования зданий позволяет осуществлять цифровую трансформацию на всех этапах строительного процесса, включая дальнейшую эксплуатацию здания и его демонтаж.

Рассматривая программы подготовки специалистов большинства университетов, необходимо выделить, что часто базовые программы не имеют достаточной цифровой направленности. Системы автоматизированного проектирования изучаются почти повсеместно, однако такие важные аспекты, как цифровое моделирование объектов, использование VR- и AR-технологий, а также «создание цифровых двойников», часто остаются вне внимания, что недопустимо. Многие университеты предлагают вместо завершения программы «Строительство» выбрать более узкую специальность, например, «Информационные системы и технологии в строительстве», или продолжить обучение в магистратуре. Существуют программы подготовки, такие как «Информационное моделирование в строительстве» или «Автоматизированные системы обработки информации, управления и проектирования в строительстве». В итоге для подготовки настоящего эксперта требуется не 4 года, а 6 или даже 8 лет. Стоит отметить, что для обучения по программам бакалавриата имеется достаточное количество бюджетных мест, однако в магистратуре существует явный дефицит в этом направлении. В результате часть выпускников программы бакалавриата «Строительство» не смогут продолжить обучение и начнут работать по специальности, не обладая достаточной подготовкой.

Исходя из этого, первая и наиболее важная практическая авторская рекомендация – трансформация всех базовых программ подготовки в сфере строительства. Недопустимо, чтобы подготовка современных кадров была недостаточно активной. Необходимо включить в базовые образовательные программы как минимум основы, которые позволят изучать и применять на практике цифровые технологии, обозначенные Правительством РФ: цифровое моделирование, *Big Data*, VR- и AR-технологии, искусственный интеллект. Министерство науки и высшего образования должно проконтролировать каждую программу и убедиться, что в них

в достаточной мере представлены все эти ключевые элементы. Отметим, что некоторые вузы, например, НИУ МГСУ, уже предоставили возможность выбора студентам дисциплин, однако, до сих пор многие региональные университеты имеют подобную проблему.

Остаётся открытым вопрос о тех, кто уже начал обучение по устаревшим программам или завершил его. Существует несколько решений, одно из которых уже частично реализовано рядом университетов, например, НИУ МГСУ – это создание магистерских программ, ориентированных на детальное изучение цифровых технологий в строительстве. Каждый университет, имеющий базовую программу «Строительство», обязан предложить хотя бы одну магистерскую программу по направлению «Цифровые технологии в строительстве» или аналогичную с другим названием. Также возможно предлагать лишь одну специализированную магистерскую программу, например, «Искусственный интеллект в строительстве». Данная рекомендация относится к тем университетам, которые до сих пор не имеют подобных программ.

Предыдущее предложение относительно магистерских программ необходимо для реализации там, где оно ещё актуально, однако для достижения более оперативных результатов рекомендуется обязать университеты проводить летние сессии или курсы, на которых студенты смогут получить базовые знания в области цифрового строительства [3]. Это представляет собой второе решение проблемы. Отметим, что некоторые вузы, например, НИУ МГСУ, уже реализуют это направление, однако, оно не является повсеместным, не распространено в региональных вузах.

Также можно рекомендовать создание «цифровых кафедр» во всех вузах страны. Отметим, что в некоторых университетах, например, в НИУ МГСУ, это направление уже есть, однако, для подавляющего большинства университетов, особенно региональных – это новое, необходимое направление. Задачей их сотрудников будет разработка учебно-методических материалов, программ подготовки, курсов и других ресурсов, которые смогут использовать преподаватели различных отраслевых кафедр на практике. Это позволит, даже если преподаватели кафедры строительства не обладают достаточными знаниями, например, в области искусственного интеллекта, получать обучающие курсы, которые помогут им объяснить это направление студентам. Следует отметить, что цифровая кафедра будет работать на благо всех остальных кафедр, поэтому цифровая подготовка будет улучшена не только в области строительства, но и в других сферах, что в настоящее время крайне важно для всей экономики.

В заключение можно отметить, что скорость и качество цифровых изменений в строительстве напрямую зависят от текущей подготовки специалистов. Если программы подготовки в каждом университете не будут усовершенствованы, участникам строительной сферы придется самостоятельно обучать выпускников вузов, что в некоторых случаях либо невозможно, либо невыгодно, что, в свою очередь, может привести к отказу от широкого применения цифровых технологий в строительстве. Можно

считать, что НИУ МГСУ является неким ориентиром, на который могут ориентироваться те университеты, особенно региональные, которые не имеют многих представленных направлений. Исходя из этого, крайне важно обновить их программы подготовки. Если все рекомендации, предложенные автором этой научной статьи, будут реализованы на практике, строительная отрасль сможет ежегодно получать действительно квалифицированных специалистов, а также переподготовить тех работников, чьи знания уже устарели.

Список источников

1. Постовалова А. А. Цифровая трансформация и образование в строительной отрасли: опыт Университета Минстроя структурного подразделения НИИСФ РААСН / А. А. Постовалова, А. В. Долматов // Информационное моделирование. 2023. № 2. С. 30–32.

2. Боков С. С. Информационное моделирование строительства в высшей школе / С. С. Боков, Ю. А. Чистый // Современное состояние, проблемы и перспективы развития отраслевой науки: матер. 8-й всеросс. конф. с междунар. уч. М.: Дашков и К, 2023. С. 475–478.

3. Гаврилов А. А. Сопоставления формата подготовки студентов инженерных специальностей с профессиональной деятельностью инженеров / А. А. Гаврилов, А. Е. Харина, С. А. Ахмадеев и др. // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2024. № 4. С. 199–202.

4. Подлесных И. М. Перспективы и проблемы внедрения цифровизации в строительство / И. М. Подлесных, О. А. Куракова // Экономика и предпринимательство. 2024. № 8 (169). С. 1 393–1 396.

НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ ПРОЖИВАНИЯ В ПРОГРАММАХ КОМПЛЕКСНОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

О. Р. Толочко, старший преподаватель
Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Необходимость учёта потребностей маломобильных групп населения (далее – МГН) в нормативно-правовых актах, связанных с реализацией программ комплексного развития территорий (далее – КРТ) в целях формирования комфортной среды проживания при воспроизводстве жилищного фонда является актуальным вопросом на фоне демографических изменений в структуре общества и набирающего популярность механизма КРТ в современной практике градостроительства. Проведённый контент-анализ этих документов и исследование практики реализации программ КРТ в Красноярске определили нормативно-правовые положения формирования комфортной среды проживания в программах КРТ и направления качественного развития среды проживания с учётом потребностей МГН при воспроизводстве жилищного фонда.

Ключевые слова: *нормативно-правовая база, КРТ, МГН, комфортная среда проживания, контент-анализ*

Современная нормативно-правовая база РФ включает в себя множество документов, которые на первый взгляд регулируют совершенно разные сферы общества, но при этом связаны между собой. Формирование комфортной среды проживания непосредственно связано с градостроительной деятельностью, а следовательно, большая часть нормативно-правовых положений этого процесса основана на законодательстве о градостроительной деятельности. Актуальность данного исследования обусловлена рядом тенденций, появившихся в современном обществе и обозначенных органами государственной власти в стратегических документах [1]. Одну из тенденций обуславливает проблематика в области демографии – увеличение доли людей пожилого возраста, т. е. рост числа МГН, к которым, помимо инвалидов, причисляются и люди пожилого возраста в соответствии с нормативно-техническими источниками. Вторая тенденция заключается в стремительном развитии механизма КРТ в современной практике воспроизводства жилищного фонда [2]. Что в совокупности формирует основной вопрос данного исследования о степени учёта МГН в нормативно-правовых актах, связанных с реализацией КРТ в целях формирования комфортной среды проживания при воспроизводстве жилищного фонда.

Основой градостроительного законодательства является Градостроительный кодекс (далее – ГрК РФ) [3]. Существующие принципы законодательства о градостроительной деятельности служат ориентиром право-

творческой и правоприменительной деятельности органов государственной власти и местного самоуправления. В ряде принципов, утверждённых ст. 2 ГрК РФ, содержатся положения об обеспечении инвалидам условий для беспрепятственного доступа к объектам социального и иного назначения и об ответственности органов государственной власти за обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека. Опираясь на тот факт, что нормы права носят предоставительно-обязывающий характер, можно сделать вывод о том, что, с одной стороны, граждане имеют право на пользование объектами социального и иного назначения и проживание в благоприятных условиях жизнедеятельности, а с другой стороны, указанные принципы законодательства корреспондируют с обязанностью органов власти по обеспечению реализации этих прав, что так же находит отражение в ряде федеральных законов, связанных с социальной защитой населения.

Современная практика градостроительной деятельности при воспроизводстве жилищного фонда активно перенимает относительно новый механизм КРТ. Общая процедура реализации решения о КРТ описана в ст. 66 ГрК РФ, которая предусматривает процедуру проведения торгов за право заключения договора о реализации КРТ, регламентируемую Постановлением Правительства РФ № 701 от 04.05.2021. Проведённый анализ этих документов и практики реализации программ КРТ на примере Красноярска [4] выявил некоторые моменты, требующие, по мнению автора, качественного развития.

Законодательством закреплены две формы проведения торгов в формате аукциона и в формате конкурса. При этом в нормативной базе отсутствует чёткая регламентация конкурсных условий по отбору победителя торгов. Заявки по разным территориям, для которых уже принято решение о КРТ, могут оцениваться по разным критериям и условиям на торгах. Однако эти территории могут иметь схожие исходные показатели для градостроительства, а цель преследуется одна – создание благоприятных условий проживания граждан. Ведь именно через ряд сформированных на законодательном уровне критериев возможно задать требуемый уровень комфортности и учесть специфические потребности МГН еще на стадии определения застройщика, до разработки полноценного комплекта проектной документации. Положения ст. 66 ГрК РФ определяют, что проектная деятельность и строительно-монтажные работы по возведению объектов капитального строительства реализуются на последнем этапе в рамках реализации программ КРТ, после определения застройщика и заключения с ним договора. Корректировка данной процедуры в части регламентации набора конкурсных критериев позволит в большей степени учесть потребности МГН в нормативно-правовой базе реализации КРТ. На рис. 1 представлена предлагаемая автором структура набора критериев для проведения торгов в формате конкурса. Группа градостроительных критериев должна включать показатели по обеспеченности объектами инфраструктуры различного типа, в т. ч. объектами социальной инфраструктуры

для удовлетворения потребностей МГН, показатели эффективности помимо экономической должны отражать и социальную значимость принимаемых градостроительных решений, а также важно учитывать деловую репутацию застройщика.



Рис. 1. Структура конкурсных критериев и условий по оценке конкурсных предложений участников торгов за право заключения договора о КРТ

Совершенствование процедуры конкурсного отбора предложений участников торгов за право заключения договора о КРТ путём внедрения критериев, учитывающих потребности МГН ведет к созданию среды проживания при воспроизводстве жилищного фонда комфортной для всех граждан. Проведённый контент-анализ нормативно-правовых актов и исследование практики реализации программ КРТ в Красноярске, определили нормативно-правовые положения формирования комфортной среды проживания в программах КРТ и определили направления качественного развития среды проживания с учётом потребностей МГН при воспроизводстве жилищного фонда.

Список источников

1. О Стратегии научно-технологического развития РФ: Указ Президента РФ № 145 от 28.02.2024 // КонсультантПлюс: справ. прав. система.
2. О внесении изменений в Градостроительный кодекс РФ и отдельные законодательные акты РФ в целях обеспечения комплексного развития территорий: Федер. закон РФ № 494-ФЗ от 30.12.2020 (посл. ред.) // КонсультантПлюс: справ. прав. система.
3. Градостроительный кодекс РФ № 190-ФЗ от 29.12.2004 (посл. ред.) // КонсультантПлюс: справ. прав. система.
4. Сведения о принятых решениях о комплексном развитии территорий в Красноярске. URL: admkrsk.ru/citytoday/building/Pages/krt.aspx.

ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ ПРОЖИВАНИЯ В СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЯХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

А. А. Торговкина¹, магистрант;

К. В. Чепелева^{1,2}, канд. экон. наук, доцент

¹Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

²Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы формирования комфортной среды проживания в сельских поселениях Красноярского края. Показано, что низкий уровень развития социальной инфраструктуры, недостаточная транспортная доступность и дефицит комфортного и доступного жилья препятствует формированию комфортной среды проживания для сельских граждан. Повышение комфортности среды рассматривается как важный инструмент борьбы с демографическим спадом.

Ключевые слова: сельские поселения, комфортная среда проживания, развитие инфраструктуры

Создание комфортной и безопасной среды для жизни является одной из национальных целей развития РФ на период до 2030 г. Согласно Указу Президента РФ № 309 от 07.05.2024 «О национальных целях развития РФ на период до 2030 г. и на перспективу до 2036 г.» достижение этой цели связано с выполнением ряда показателей, включающих улучшение качества среды проживания в опорных населённых пунктах, повышение доступности и качества жилья, благоустройство общественных пространств, модернизацию коммунальных систем, развитие общественного транспорта, повышение качества и безопасности дорожной инфраструктуры, ремонту зданий образовательных организаций. Качество среды для жизни отражает Индекс качества городской среды, включающий такие критерии как безопасность, комфортность среды, экологичность и здоровье, эффективность управления, современность и актуальность, идентичность и разнообразие среды.

Таким образом, комфортная среда проживания – это совокупность условий, обеспечивающих физический, социальный и психологический комфорт человека в его жилище и окружающем пространстве. Комфортная среда проживания включает широкий спектр факторов.

Прежде всего, речь идёт о физической среде, которая должна отвечать базовым требованиям безопасности, удобства и экологической стабильности. Сюда входят не только состояние самого жилья и наличие коммунальных услуг, но и уровень развития инфраструктуры, позволяющий жителям удовлетворять свои повседневные потребности. Развитая инфраструктура включает доступность образовательных учреждений, ме-

дицинских услуг, торговых точек. Кроме того, важным элементом комфортной среды является культурная и социальная активность, которая поддерживает высокое качество жизни. Возможность посещения театров, музеев, спортивных мероприятий и других культурных событий, а также участие в общественной жизни района или города создают условия для личностного роста и социальной интеграции.

Не менее важным элементом комфортной среды является транспортная доступность, которая обеспечивает лёгкость перемещения в городских и пригородных условиях. Хорошо организованная транспортная сеть способствует сокращению времени, необходимого для поездок на работу, учёбу или другие повседневные задачи, что положительно сказывается на уровне стресса и общем удовлетворении жизнью.

Особое значение имеет экологическое благополучие региона, в котором проживает человек. Чистота воздуха, наличие зеленых зон, а также общая экологическая обстановка оказывают прямое воздействие на здоровье и психологическое состояние жителей. Благоприятная экологическая ситуация снижает риски развития различных заболеваний и создаёт условия для ведения активного и здорового образа жизни.

Социальный аспект комфортной среды также играет важную роль. Уровень социального взаимодействия, добрососедские отношения и общее чувство безопасности формируют атмосферу доверия и взаимопомощи, что способствует эмоциональной стабильности жителей.

Наконец, эстетическая составляющая окружающей среды – ухоженные дворы, чистые улицы, приятная архитектура, также оказывает положительное влияние на эмоциональное состояние и настроение жителей.

Формирование комфортной среды проживания в сельских поселениях сталкивается с рядом проблем, которые могут существенно влиять на качество жизни людей.

Одной из главных проблем является низкий уровень развития социальной инфраструктуры. В сельской местности она, как правило, менее развита по сравнению с городом. Для сёл характерен ограниченный доступ к медицинским и образовательным учреждениям, культурным, спортивным объектам и торговым точкам. В сельских районах и малых городах люди могут сталкиваться с нехваткой квалифицированных специалистов, низким уровнем оснащения современным оборудованием медицинских центров и учебных заведений.

В сельской местности зачастую отсутствуют такие объекты инфраструктуры, как крупные торговые центры, развлекательные заведения и общественный транспорт. Причиной этого является концентрация финансовых и трудовых ресурсов в крупных городах, а также недостаточное внимание к развитию удаленных населённых пунктов со стороны властей и инвесторов.

Села Красноярского края не являются исключением. Сегмент коммерческой недвижимости в сельских поселениях очень ограничен. В небольших сёлах могут присутствовать лавки, магазины, кафе или столовые,

которые обслуживают местное население. В таких селах может быть только несколько объектов коммерческой недвижимости, и их количество будет ограничено спросом и потребностями сельского населения. В более крупных селах, которые имеют большую численность населения или являются туристическими центрами, могут быть больше разнообразных объектов коммерческой недвижимости, таких как магазины, супермаркеты, малые предприятия и другие бизнесы. Количество таких объектов зависит от размера и развитости села.

В части обеспеченности сельского населения Красноярского края объектами социальной инфраструктуры можно отметить положительную динамику. Рассмотрим статистические показатели количества объектов розничной торговли в сельских поселениях Красноярского края – количество большинства видов объектов розничной торговли в последние 5 лет значительно выросло (табл. 1).

Таблица 1

Количество объектов розничной торговли
в сельских поселениях Красноярского края [1]

Объекты розничной торговли	Количество в 2018 г.	Количество в 2023 г.	Прирост, %
Аптеки и аптечные магазины, киоски	273	385	41,03
Гипермаркеты	2	2	0,00
Магазины	4 441	5 631	26,80
Минимаркеты	3 624	4 104	13,25
Павильоны, киоски, палатки	674	1 197	77,60
Специализированные непродовольственные магазины	265	609	129,81
Специализированные продовольственные магазины	97	173	78,35
Супермаркеты	12	114	850,00
Универмаги	2	1	-50,00
Прочие магазины	439	628	43,05

Согласно данным Красноярскстата, за последние 5 лет (2019–2023 гг.) количество коек в больничных организациях в сельской местности выросло на 28 ед., мест в дошкольных и общеобразовательных учреждениях – на 1 159 и 2 728 мест соответственно.

Уровень доступа населения к социальным услугам по-прежнему остаётся недостаточным. В первую очередь это обусловлено удалённостью социальной инфраструктуры для жителей небольших населённых пунктов. Основная часть такой инфраструктуры сосредоточена в городах и районных центрах, что создаёт необходимость улучшения транспортной системы в сельских районах, чтобы обеспечить жителям сельской местности лучший доступ к социальным благам.

Отсутствие качественной транспортной сети в сельской местности является существенной проблемой. В сельской местности транспортные связи слабо развиты, что делает поездки в городские центры для работы, покупок или медицинского обслуживания более сложными и затратными по времени. Отсутствие общественного транспорта или его нерегулярность часто заставляют сельских жителей полагаться на личные автомобили. Причины кроются в недостаточном финансировании транспортных проектов, отсутствии стратегического планирования и нехватке инвестиций в развитие инфраструктуры.

Ещё одна значительная проблема – это нехватка качественного и доступного жилья. В сельской местности наблюдается дефицит современного жилья и высокий уровень износа старого жилого фонда [2].

В Красноярском крае общая площадь, приходящаяся в среднем на 1 жителя в сельской местности, составляет 30,4 м², что выше показателя для городской местности, но не достигает 33 м²/чел., установленных Указом о национальных целях.

Удельный вес жилой площади сельских поселений, оборудованной водопроводом, составляет 47 %, горячим водоснабжением – 21,1 %, канализацией – на 28,8 %, отоплением – на 37,3 %. В настоящий момент наблюдается повышение оснащённости сельского жилья коммунальной инфраструктурой, однако данный уровень все еще значительно уступает городской местности и требует повышения для обеспечения комфортных условий проживания сельских жителей [3].

Износ жилого фонда также является важной проблемой для развития сельских поселений. Многие здания стареют и не отвечают современным требованиям по энергоэффективности и комфортным условиям проживания. Это приводит к высокому потреблению энергии, неудобствам для жителей и повышенным коммунальным платежам.

В связи с текущим уровнем развития сельских поселений численность населения продолжает сокращаться, т. к. недостаток инфраструктуры, качественного жилья, медицинских и образовательных услуг заставляет людей переезжать в города. Согласно статистическим данным Красноярскстата [1], начиная с 2014 г., численность населения в регионе сократилась на 9,2 тыс. чел. (0,32 %). До 2019 г. наблюдалось уменьшение сельского населения, а с 2019 г. происходит сокращение населения края в целом. По сравнению с 2014 г., численность городского населения увеличилась на 2,54 % (56,1 тыс. чел.), тогда как сельское население уменьшилось на 10,1 % (65,3 тыс. чел.).

Таким образом, демографическую ситуацию в сельских поселениях края следует признать неблагоприятной. Согласно демографическому прогнозу, разработанному Красноярскстатом, численность населения края к 2036 г. сократится до 2 750,51 тыс. чел., сельского населения края – до 507,09 тыс. чел., или на 3,34 и 12,69 % соответственно.

Повышение комфортности среды проживания может изменить эту тенденцию: улучшение жилищных условий, повышение доступности жилья и обеспечение социальной инфраструктурой способны удержать местное население и привлечь новых жителей в сельские территории. Это поможет стабилизировать демографическую ситуацию, снизив отток населения и способствуя его росту в долгосрочной перспективе.

Таким образом, формирование комфортной среды проживания требует комплексного подхода, включающего развитие социальной инфраструктуры, повышение качества и доступности жилья, улучшение общественных пространств, транспортной системы. Решение всех этих задач возможно только через эффективное взаимодействие государства, бизнеса и местных сообществ.

Список источников

1. Управление Федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыва. URL: 24.rosstat.gov.ru.

2. Шапорова З. Е. Оценка состояния жилищной сферы сельских территорий Красноярской агломерации / З. Е. Шапорова, К. В. Чепелева, С. А. Короткова // Проблемы современной экономики. 2022. № 3 (83). С. 240–244.

3. Чепелева К. В. Оценка состояния развития жилищно-коммунального хозяйства сельских территорий Красноярского края // Проблемы современной аграрной науки: матер. междунар. НК. Красноярск: КрасГАУ, 2023. С. 157–160.

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА КЛЮЧЕВЫХ ФАКТОРОВ РИСКА ПРИ КАЛЕНДАРНОМ ПЛАНИРОВАНИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСОВ

Н. В. Федотов, студент

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. Данное исследование направлено на всесторонний анализ вопросов управления и оценки рисков, влияющих на сроки календарного планирования строительства жилых комплексов. В работе применялся метод экспертных оценок, а также проводился анализ чувствительности. На основе полученных данных выявлены наиболее часто встречающиеся и значимые факторы риска, появляющиеся при календарном планировании жилых комплексов.

Ключевые слова: календарное планирование, жилищное строительство, управление рисками, факторы риска, минимизация рисков, строительный проект

Календарное планирование – ключевой элемент управления строительными проектами, в т. ч. и при строительстве крупных жилых комплексов [1]. Однако на практике часто возникают ситуации, когда реальные сроки выполнения работ значительно отличаются от запланированных, из-за чего в дальнейшем это приводит к увеличению стоимости проекта, снижению качества работ и, как следствие, репутационным потерям для застройщика.

Таким образом, идентификация и анализ основных факторов риска, оказывающих воздействие на сроки планирования жилищного строительства, становится важной задачей.

В строительстве все риски можно условно разделить на несколько групп: экономические, политические и законодательные, производственно-технологические, юридические, форс-мажорные обстоятельства [2–4].

Экономические риски занимают важное место среди прочих и включают в себя такие факторы, как, например, инфляция, которая может привести к неожиданному росту цен на строительные материалы, оборудование и услуги.

Политические и законодательные риски обусловлены изменениями в нормативно-правовой базе, регулирующей строительную отрасль. Например, внезапные изменения градостроительных норм и правил, введение новых налогов и сборов, а также возможное усложнение процедуры получения разрешительной документации могут привести к задержкам в реализации проектов и увеличению издержек.

Производственно-технологические риски напрямую связаны с процессом строительства и включают в себя ошибки, допущенные на этапе проектирования, которые могут привести к необходимости внесения дорогостоящих изменений в проект. Недостаточная квалификация персонала или нехватка рабочей силы также могут стать причиной задержек и снижения качества строительства.

Юридические риски связаны с несовершенством законодательства и договорной базы в сфере строительства. Так, нечёткие формулировки в договорах могут привести в дальнейшем к имущественным спорам и тяжёлым судебным процессам.

Форс-мажорные обстоятельства представляют собой непредвиденные и неотвратимые события, находящиеся вне контроля участников строительного процесса. К ним относятся стихийные бедствия, эпидемии и пандемии, военные действия и террористические акты.

Следует отметить, что указанные группы рисков находятся в тесной взаимосвязи друг с другом. Например, политическая нестабильность может привести к экономическому спаду, а неблагоприятные погодные условия способны спровоцировать техногенные аварии.

Однако, как показывает практика, влияние этих факторов на календарное планирование может сильно различаться в зависимости от специфики конкретного проекта [5].

Для того чтобы определить более значимые и наиболее часто встречающиеся факторы рисков, влияющие на календарное планирование строительства жилых комплексов, были применены опрос экспертов, включающий в себя проведение интервью с опытными руководителями строительных проектов, а также анкетирование сотрудников строительных организаций [4–7].

Исследование влияния различных факторов риска на сроки строительства проводилось с помощью метода экспертных оценок. Для обеспечения комплексного и разностороннего анализа в состав экспертной группы вошли 15 высококвалифицированных специалистов, обладающих опытом работы в строительной отрасли более 10 лет. Состав экспертной группы был подобран таким образом, чтобы охватить различные аспекты строительства, поэтому в него вошли специалисты по проектированию, управлению строительством, логистике и финансам [8].

Для оценки влияния каждого фактора риска на сроки строительства эксперты использовали пятибалльную шкалу. По этой шкале 1 балл указывал на минимальное влияние фактора на сроки, 2 балла означали влияние ниже среднего уровня, 3 балла соответствовали среднему влиянию, 4 балла – влиянию выше среднего, а 5 баллов обозначали наибольшее влияние фактора на длительность строительных работ.

Оценка проводилась на основе личного опыта экспертов и анализа статистических данных по завершённым проектам. Для каждого фактора риска была рассчитана средняя оценка на основе оценок всех экспертов. Результаты были округлены до целых чисел.

Таким образом, на основе опроса экспертов были выделены пять наиболее часто упоминаемых и значимых факторов риска, влияющих на календарное планирование строительства жилых комплексов: задержки поставок материалов, погодные условия, нехватка рабочей силы, изменения в проектной документации, финансовые проблемы.

Результаты оценки представлены в табл. 1.

Таблица 1

Оценка влияния факторов риска

№	Фактор риска	Оценка влияния
1	Задержки поставок	4
2	Погодные условия	3
3	Нехватка рабочей силы	4
4	Изменения в проектной документации	5
5	Финансовые проблемы	5

Выводы по результатам оценки влияния рисков.

1. Задержки поставок материалов (оценка влияния – 4). Экспертами было отмечено, что данный фактор часто вызывает серьезные задержки, особенно при использовании импортных материалов, но ввиду того, что существуют способы минимизации этого риска (например, создание запасов), оценка не достигла максимума.

2. Погодные условия (оценка влияния – 3). Влияние погодных условий было оценено как среднее. Эксперты указали, что современные технологии и методы строительства позволяют частично компенсировать негативное влияние погоды, но полностью исключить его невозможно.

3. Нехватка рабочей силы (оценка влияния – 4). В связи с растущим дефицитом квалифицированных рабочих в строительной отрасли этот фактор получил высокую оценку, т. к. нехватка персонала может существенно замедлить темпы строительства.

4. Изменения в проектной документации (оценка влияния – 5). Т. к. изменения в документации часто приводят к значительным задержкам и дополнительным затратам, то данному фактору была присвоена максимальная оценка. Эксперты отмечали, что даже небольшие изменения могут вызвать «эффект домино» и повлиять на многие аспекты проекта.

5. Финансовые проблемы (оценка влияния – 5). Данный фактор также получил максимальную оценку. Здесь эксперты едины во мнении о том, что недостаточное финансирование или проблемы с денежным потоком могут полностью остановить строительство на неопределенный срок.

Далее на основании выставленных оценок была рассчитана вероятность задержки проекта. Для этого применялась следующая формула (1):

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n \times 5} \times 100 \% , \quad (1)$$

где P – вероятность задержки проекта (%); R_i – оценка влияния i -го фактора риска; n – количество рассматриваемых факторов риска; 5 – максимальная оценка по шкале.

При подстановке данных в формулу (1) было получено следующее:

$$P = \frac{4 + 3 + 4 + 5 + 5}{5 \times 5} \times 100 \% = 84 \% .$$

Таким образом, вероятность задержки проекта составляет 84 %.

Затем для выявления наиболее значимых факторов риска был произведён анализ чувствительности. Анализ чувствительности – это метод, который позволяет определить, насколько сильно изменится результат при изменении одного из входных параметров [4; 7]. В нашем случае необходимо было выяснить, какие факторы риска оказывают наибольшее влияние на вероятность задержки проекта.

Для этого необходимо поочередно уменьшить оценку каждого фактора на 1 балл (табл. 2) и рассчитать новую вероятность задержки проекта по формуле (1).

Таблица 2

Оценка влияния факторов риска с уменьшением показателей

№	Фактор риска	Оценка влияния
1	Задержки поставок	3
2	Погодные условия	2
3	Нехватка рабочей силы	3
4	Изменения в проектной документации	4
5	Финансовые проблемы	4

Результаты вероятности задержки проекта при уменьшении каждого из показателей следующие.

1. При снижении влияния фактора «Задержки поставок» вероятность задержки проекта составила 80 %.

2. Уменьшение воздействия фактора «Погодные условия» привело к вероятности задержки в 82 %.

3. Снижение влияния фактора «Нехватка рабочей силы» составило 80 % вероятности задержки.

4. При уменьшении влияния фактора «Изменения в проектной документации» вероятность задержки составила 78 %.

5. Снижение воздействия фактора «Финансовые проблемы» также привело к вероятности задержки в 78 %.

После проведения расчётов производилось сравнение того, насколько изменилась вероятность задержки проекта при уменьшении оценки каждого фактора. Было выявлено, что чем больше изменение, тем более чувствительным является проект к данному фактору. В данном случае получилось, что наибольшее снижение вероятности задержки (с 84 до 78 %) произошло при уменьшении оценок факторов «Изменения в документации» и «Финансовые проблемы». Данные результаты показывают, что эти два фактора оказывают наибольшее влияние на вероятность задержки проекта.

В мире динамично развивающегося жилищного строительства точное календарное планирование становится ключом к успеху проектов, однако оно неразрывно связано с управлением рисками. Проведённое исследование позволило выявить пять ключевых факторов риска, где наиболее критичными оказались изменения в проектной документации и финансовые проблемы. Таким образом, при разработке мер по снижению рисков в календарном планировании строительства жилых комплексов на данные факторы следует обращать особое внимание. Применение комплексного подхода к управлению рисками позволит существенно повысить эффективность реализации проектов и обеспечить их своевременное завершение, что в конечном итоге будет способствовать устойчивому развитию жилищного строительства и удовлетворению растущих потребностей общества в качественном и доступном жилье.

Список источников

1. Елистратова А. Д. Инновационные методы календарного планирования в проектном управлении / А. Д. Елистратова, Н. И. Долинский // Академическая публицистика. 2023. № 5-2. С. 168–174.
2. Гайдук М. А. Специфика рисков и управление ими в проектной деятельности // Ростовский научный журнал. 2018. № 9. С. 41–47.
3. Боронина Л. Н. Основы управления проектами: учеб. пособие / Л. Н. Боронина, З. В. Сенук. 2-е изд. Екатеринбург: УрФУ, 2016. 134 с.
4. Мазур И. И. Управление проектами: учеб. пособие / И. И. Мазур, В. Д. Шапиро, Н. Г. Ольдерогге. М.: Омега-Л, 2004. 664 с.
5. Руденко А. А. Оценка рисков строительных проектов на основе байесовских сетей / А. А. Руденко, В. Суй, А. Е. Михайлов // Промышленное и гражданское строительство. 2024. № 3. С. 40–46.
6. Кулешова Е. В. Управление рисками проектов: учеб. пособие. 2-е изд. Томск: Эль Контент, 2015. 188 с.
7. Вяцкова Н. А. Классификация методов анализа и оценки рисков // Актуальные вопросы современной науки. 2014. № 33.
8. Руководство к своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК). 6-е изд. М.: Олимп-Бизнес, 2019. 726 с.

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

А. А. Чепленко, студент;

Т. С. Мещерякова, канд. экон. наук, доцент

Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Аннотация. Несмотря на динамичность своего развития на протяжении долгого времени, строительная отрасль российской экономики, как преобладающее большинство других отраслей, сталкивается с серьезной проблемой – кадровым дефицитом. В статье рассматривается общее состояние кадрового потенциала в строительной отрасли на примере особо сложного региона в контексте многим параметрам – Мурманской обл. Сегодня Мурманская обл. – это активно развивающийся регион, имеющий огромные возможности и ресурсы для высокого уровня и качества жизни населения. Так же, как и в целом по стране, в строительной отрасли Мурманской обл. констатирован дефицит кадров, что отрицательным образом сказывается на социально-экономическом развитии региона. В результате анализа, представленного в статье, выделены основные проблемы развития кадрового потенциала строительной отрасли Мурманской обл., решение которых положительно повлияет на развитие его кадрового потенциала.

Ключевые слова: *кадровый потенциал, строительная отрасль, дефицит кадровых ресурсов, система мониторинга на рынке труда, профессиональная подготовка кадров*

Строительная отрасль является ведущей отраслью экономики, проявляя достаточную стабильность и динамичность на протяжении долгого времени. Доля отрасли строительства со смежными отраслями и операциями с недвижимостью в ВВП страны составляет 12,7 % (17,8 трлн руб.) [1]. В строительной отрасли на сегодняшний день занято приблизительно 11,5 млн чел., это 16 % всех рабочих в России, что говорит о том, что строительная отрасль – один из крупнейших работодателей страны.

При этом стоит отметить, что трудовые ресурсы (или более общая категория – кадры), участвуя в общественно-полезной деятельности, производя материальные и духовные блага и услуги благодаря своим интеллектуальным, физическим и психологическим способностям, являются главной производительной силой экономики.

В последние годы строительная отрасль РФ столкнулась с особо серьезной нехваткой кадровых ресурсов (по данным Кадрового центра Министерства строительства и ЖКХ России, потребность в кадрах строительной отрасли и ЖКХ на 09.12.2023 составила 161 869 чел. в сфере строительства и 99 764 чел. – в ЖКХ (вице-премьер России М. Хуснуллин прогнозирует нехватку кадров в отрасли к 2030 г. 400 тыс. чел.)). Нехватка рабочих наблюдается и на фоне роста объемов строительства: по некоторым данным, объём строительства в 2023 г. с учётом инфляции вырос на 7,9 % по сравнению с прошлым годом [1].

Рассматривая один из стратегически значимых регионов – Мурманскую обл., отметим, что строительная отрасль здесь представляет достаточно сложную систему, состоящую из всего спектра субъектов отрасли: строительно-монтажных и специализированных предприятий, предприятий по производству строительных материалов, изделий и конструкций, проектных и изыскательских организаций. В историческом контексте отмечается, что инвестиционный кризис 1990-х гг., оказавший значительное влияние на регион, существенным образом подорвал некогда мощный региональный потенциал строительного комплекса области.

На рис. 1 представлена динамика объема работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство» в Мурманской обл. за последние года (данные за период с 2019 г. по март 2024 г.).



Рис. 1. Объем работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство» в Мурманской обл. (млрд руб.). 2019–2024 гг. [2]

На протяжении 2019–2022 гг. наблюдается рост объема работ в строительной отрасли. По итогам 2023 г. в Мурманской обл. констатируется снижение показателя, это может быть связано с тем, что в бюджете было заложено меньше региональных средств на инфраструктуру, чем в предыдущем, а также с инвестиционной активностью региона в целом.

В настоящее время в области обновляется жилой фонд, а также строятся здания промышленного, коммерческого и других назначений. Анализируя динамику ввода в эксплуатацию зданий в области в сравнении с другими регионами, можно отметить низкий уровень объемов ввода жилья: по итогам 2022 г. Мурманская обл. занимала 80-е место, в 2023 г. – 84-е [2].

По данным аналитиков *FinExpertiza*, Мурманская обл. входит в десятку регионов РФ с наибольшим дефицитом кадров. На рис. 2 представлены результаты проведенного исследования в разрезе декабря 2022–2023 гг. [3].

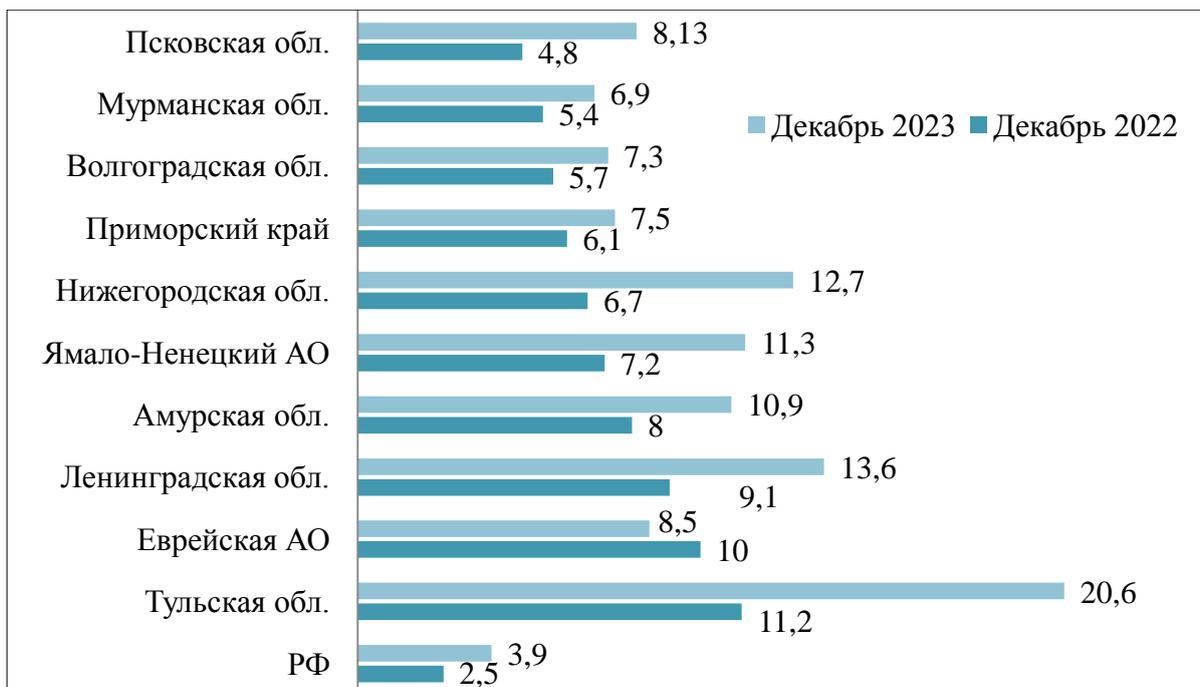


Рис. 2. Количество вакансий на одного соискателя в субъектах РФ [3]

Таким образом, можно заметить, что количество вакансий в анализируемом периоде существенным образом растёт в каждом приведённом регионе, а значит, дефицит кадров остаётся одной из актуальных проблем.

Строительный комплекс Мурманской обл. на сегодняшний день является одним из значительных работодателей в регионе. Так, по состоянию на январь 2024 г. в отрасли было занято около 21 тыс. чел. (около 8,3 % от всех занятых в экономике области).

На рис. 3 представлена динамика среднесписочной численности работников в строительной сфере с 2022 г. по февраль 2024 г.

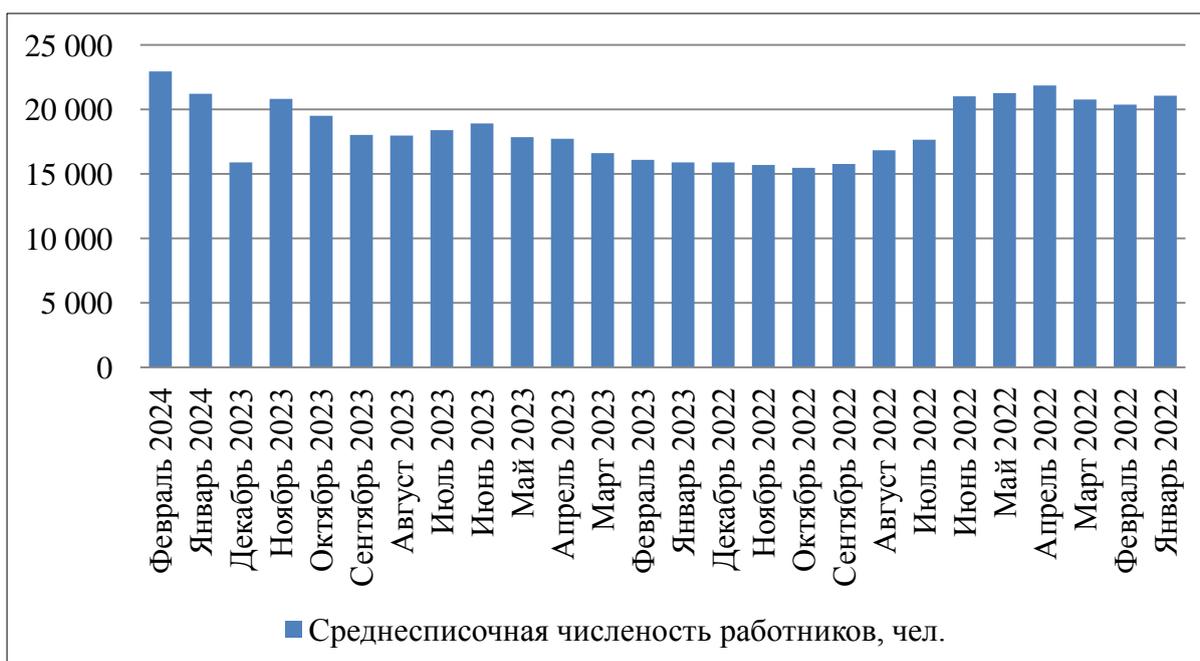


Рис. 3. Среднесписочная численность работников строительной отрасли Мурманской обл. [2]

Среднемесячная региональная заработная плата в строительной отрасли в Мурманской обл. составляет около 120–130 тыс. руб. [2]. Строительная отрасль занимает 3-е место (добыча полезных ископаемых – 1-е, транспортировка и хранение – 2-е) по уровню заработной платы среди других видов экономической деятельности в регионе. Примечательно, что показатель среднемесячной номинальной заработной платы по РФ приблизительно в 1,8 раз меньше (составляет 71 770 руб. на 2023 г.), чем показатель Мурманской обл.

Необходимо рассмотреть распределение численности работников организаций по размерам начисленной заработной платы по Мурманской обл. (рис. 4). Самые многочисленные группы работников получают в диапазоне 55–75 тыс. руб. (24 %). От 75 до 100 тыс. руб. получают 22 % от всех работников, такой же процент работников имеют заработную плату в размере от 100 до 200 тыс. руб., т. е. среднемесячную заработную плату по отрасли в регионе.

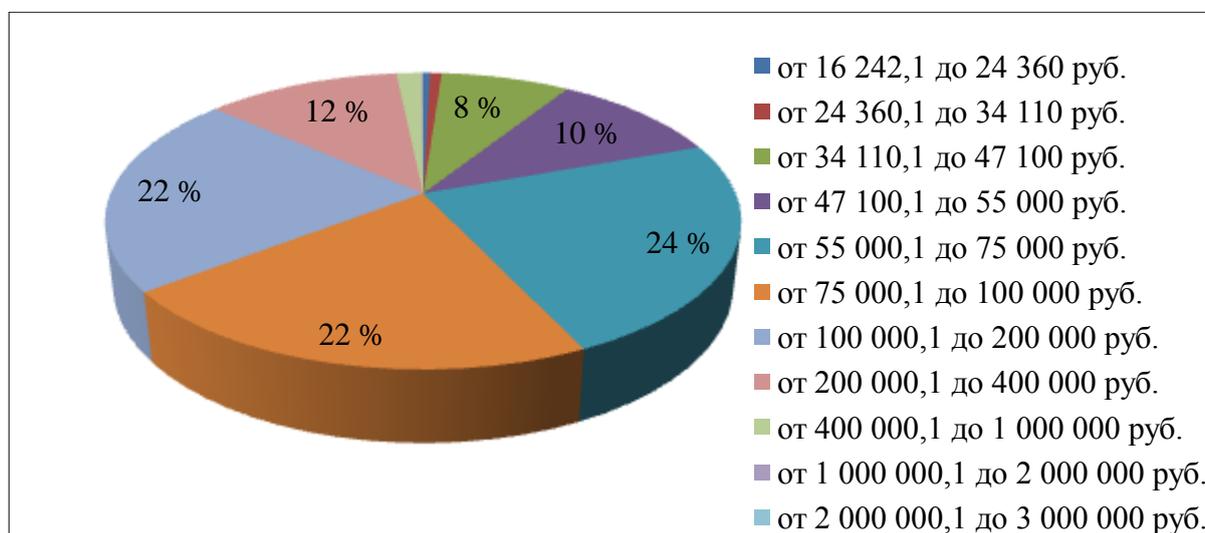


Рис. 4. Распределение численности работников организаций по размерам начисленной заработной платы по Мурманской обл. (%). Апрель 2023 г. [2]

Несмотря на снижение числа организаций по виду экономической деятельности «Строительство» в Мурманской обл. за последние 3 года, потребность в рабочей силе повышается (табл. 1).

Таблица 1
Потребность в рабочей силе организаций по Мурманской обл. (чел.) [2]

Потребность в рабочей силе по видам экономической деятельности	2018	2020	2022
Всего по обследуемым видам экономической деятельности	2 912 (2,5 %)	17 714 (9,4 %)	12 761 (7,1 %)
Строительство	127 (2,9 %)	9 461 (43,7 %)	3 398 (26,9 %)

Строительный комплекс региона характеризуется и недостатком квалифицированной рабочей силы. Так, строительные компании Мурманской обл. (в рамках выборочного исследования) выделяют фактор «недостаток квалифицированных рабочих» как один из основных сдерживающих деловую активность факторов (рис. 5).



Рис. 5. Факторы, ограничивающие деятельность в строительстве в 3-м квартале 2023 г. в Мурманской обл. (по результатам выборочного исследования) [2]

Безусловно, обеспечение квалифицированными кадрами региональную отрасль должно осуществляться в первую очередь за счёт региональных образовательных программ. Профессиональное образование в строительной сфере в Мурманской обл. представляется: ГАПОУ Мурманской обл. «Мурманский строительный колледж им. Н. Е. Момота» и его филиалом в ЗАТО Александровск; Печенгским политехническим техникумом; ГАПОУ Мурманской обл. «Оленегорский горнопромышленный колледж»; Полярнозоринским энергетическим колледжем; ЦОПП Мурманской обл.; ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет».

По состоянию на 2022 г. по программам подготовки «Инженерное дело, технологии и технические науки» обучалось около 7 930 чел., в сравнении с другими направлениями обучения данная группа самая многочисленная – 51,75 % от всех студентов среднего профессионального образования. Таким образом, наблюдается тенденция увеличения количества поступающих на строительные профессии, однако лишь малая часть выпускников трудоустраивается по специальности, некоторые выпускники трудоустраиваются в другие сферы. Это связано с возможной общероссийской закономерностью снижения престижа строительной профессии. Такая тенденция была сформулирована представителями образовательных учреждений при переписке через социальные сети.

Особой проблемой уровня среднего профессионального образования является и качество подготовки кадров, которое также непосредственно влияет на выбор образовательного учреждения. Основным профильным учреждением, осуществляющим подготовку кадров для строительной отрасли, является Мурманский строительный колледж им. Н. Е. Момота.

Так, по результатам оценки качества подготовки в образовательных организациях Мурманской обл. развитие строительного колледжа на сегодняшний день требует оптимизации процессов обучения: все показатели учреждения, согласно которым был проведён анализ, не превышают медианного значения [4].

Также слабо используется организациями механизм подготовки кадров по системе целевой контрактной подготовки. В Мурманском строительном колледже в рамках обучения не предусматривается система целевого обучения по профильным направлениям, в Мурманском арктическом университете на направление «Промышленное и гражданское строительство» выделяются три договора по целевому обучению. Необходима детальная проработка данных проблем в образовательной сфере с целью повышения престижа строительных профессий, заинтересованности в обучении в данной сфере.

Развитие строительного комплекса в области происходит согласно концептуальным основам Стратегии развития строительного комплекса Мурманской обл. на 2014–2017 гг. и на перспективу до 2025 г. [5].

В рамках анализа Стратегии был сделан вывод о необходимости актуализации данных Стратегии: во-первых, достаточно устаревший анализ состояния строительного комплекса (к 2014 г.), во-вторых, с учётом изменяющихся условий развития экономики страны в целом необходимо разрабатывать прогнозы развития строительного комплекса на перспективу. Существующие острые проблемы кадрового обеспечения строительной отрасли региона требуют совершенствования стратегического планирования строительной отрасли Мурманской обл.

Также в рамках создания системы планирования и прогнозирования развития кадрового потенциала необходимо создать систему постоянного мониторинга на рынке труда, которая бы позволила отслеживать тенденции развития кадрового потенциала и вместе с тем корректировать планы мероприятий. Вместе с тем мониторинг необходим и для отслеживания трудоустройства выпускников профильных учреждений, на сегодняшний день такой мониторинг осуществляют сами образовательные учреждения при помощи телефонного звонка или предоставления справки с места работы. Сложность отслеживания в большей степени возникает в средних профессиональных учреждениях, где выпускники после окончания колледжа зачастую исполняют воинскую обязанность.

На сегодняшний день составляются прогнозы кадровой потребности экономики и социальной сферы Мурманской обл., которые строятся на основе расчёта прогнозируемого состояния объемов строительства, а также на основе поступающих от работодателей сведений о замещении вакантных рабочих мест. Однако необходим более тщательный системный подход к формированию прогнозных показателей, в т. ч. с учётом запросов работодателей.

Таким образом, проблемы кадрового потенциала строительной отрасли Мурманской обл. можно структурировать следующим образом (рис. 6).

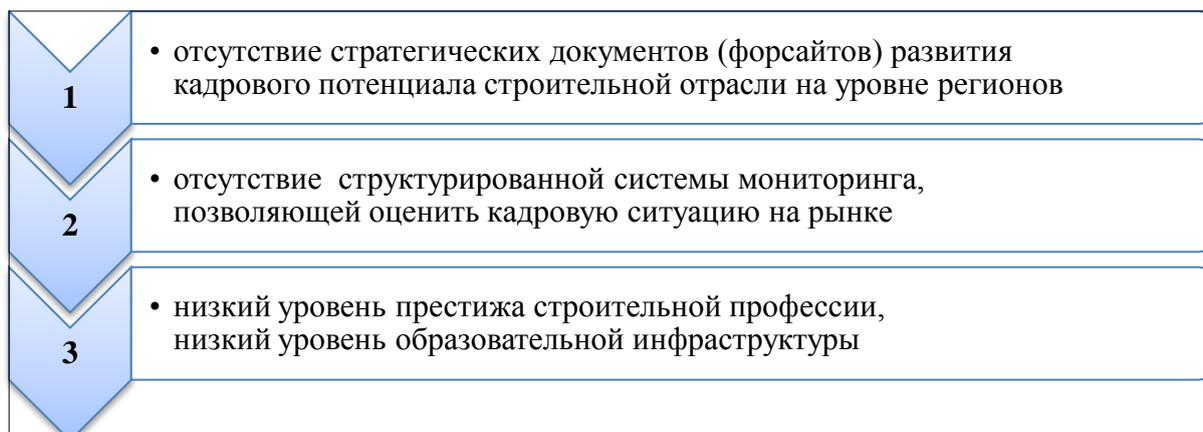


Рис. 6. Проблемы развития кадрового потенциала строительного комплекса Мурманской обл.

Эффективные решения выделенных проблем развития кадрового потенциала строительной отрасли Мурманской обл., безусловно, требуют применения системного подхода. На качественные и количественные показатели формирования рынка труда влияет состояние социальной сферы (качество жилищных услуг, демографическая ситуация в регионе, уровень здравоохранения, уровень образовательной инфраструктуры), поэтому необходимо осуществлять первоначально программы по реализации комплекса мероприятий развития социальной сферы. Именно её состояние, качество даёт возможность определять Мурманскую обл. как некое привлекательное пространство для жизни потенциального населения (в частности трудовых мигрантов) и уже живущих и работающих в регионе.

Детальная разработка мероприятий, обеспечивающая решение выделенных проблем, способна обеспечить развитие кадрового потенциала строительной отрасли Мурманской обл. При этом целесообразно обеспечивать комплементарность научно-практических подходов развития кадрового потенциала и формировать паттерн для дальнейшего тиражирования в различных регионах, в конечном счёте обеспечивающий долгосрочное сбалансированное развитие как отраслей, так и национальной экономики РФ.

Список источников

1. Чепленко А. А. Анализ кадрового обеспечения строительной отрасли РФ в рамках инновационного развития и технологического суверенитета // Дни студенческой науки: матер. НТК. М.: МИСИ – МГСУ, 2024. С. 246–250.

2. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Мурманской обл. URL: 51.rosstat.gov.ru.

3. В пяти регионах России вакансий больше, чем безработных. URL: rg.ru/2019/04/15/reg-cfo/v-piati-regionah-rossii-vakansij-bolshe-chem-bezrobotnyh.html.

4. Информационно-аналитические материалы по результатам проведения мониторинга качества подготовки кадров 2022 г. URL: monitoring.miccedu.ru/iam/2022/_spo/material.php?type=2&id=10105.

5. Стратегия развития строительного комплекса Мурманской обл. на 2014–2017 гг. и на перспективу до 2025 г. URL: minobr.gov-murman.ru/documents/npa/region_npa/region02.php.

АНАЛИЗ ВЛОЖЕНИЙ РЕГИОНАЛЬНЫХ БЮДЖЕТОВ В ОТРАСЛЬ СТРОИТЕЛЬСТВА

И. В. Ямщикова, канд. экон. наук, доцент;

Т. Ю. Калашникова, студент

*Иркутский национальный исследовательский технический университет,
Иркутск, Россия*

Аннотация. Статья посвящена эффективности использования региональных бюджетов на развитие строительной отрасли. В исследовании рассматриваются распределение бюджетных средств между разными проектами и регионами, оценка их влияния на социально-экономическое развитие территорий. Рассмотрена классификация бюджетного направления финансирования строительства из: развитию транспортной инфраструктуры, инвестиций в социальную инфраструктуру, в т. ч. строительства жилья. Также анализируется динамика распределения бюджетных инфраструктурных вложений по федеральным округам 2023–2024 гг. в России. Целью работы является выявление наиболее рациональных стратегий распределения финансов в сфере строительства для повышения их воздействия на развитие инфраструктуры и улучшение жизни населения. Особое внимание уделено проектам по строительству социальных объектов, таких как школы, больницы, и их роли в улучшении благосостояния граждан.

Ключевые слова: *региональные бюджеты, строительство, социально-экономическое развитие, оптимизация бюджетных расходов, анализ бюджетных инвестиций, инфраструктурное развитие*

Строительная отрасль ощутимо влияет на социально-экономический прогресс любого региона, поскольку от её состояния зависят создание новых рабочих мест, развитие инфраструктуры и улучшение условий жизни населения. В этом контексте вложения региональных бюджетов в строительные проекты представляют собой стратегический инструмент, способствующий устойчивому росту и модернизации территорий. Актуальность этого вопроса подчёркивается не только объёмами финансирования, но и необходимостью оценки его эффективности.

Каждый год региональные бюджеты выделяют существенные суммы на развитие строительной сферы. Средства направляются на возведение социальной и транспортной инфраструктуры, жилищное строительство, модернизацию существующих объектов. Особое внимание требуется рациональности использования этих финансов, т. к. от этого напрямую зависит успешное развитие регионов.

Инвестиции в строительную сферу охватывают не только создание новых объектов, но и последующую их эксплуатацию, что требует грамотного распределения выделенных денежных средств. В связи с этим анализ эффективности вложений региональных бюджетов в строительные проекты становится фундаментальным для оценки объективности использования государственных средств и поиска путей их оптимизации.

Финансирование строительства из региональных бюджетов можно классифицировать по нескольким основным направлениям (рис. 1).

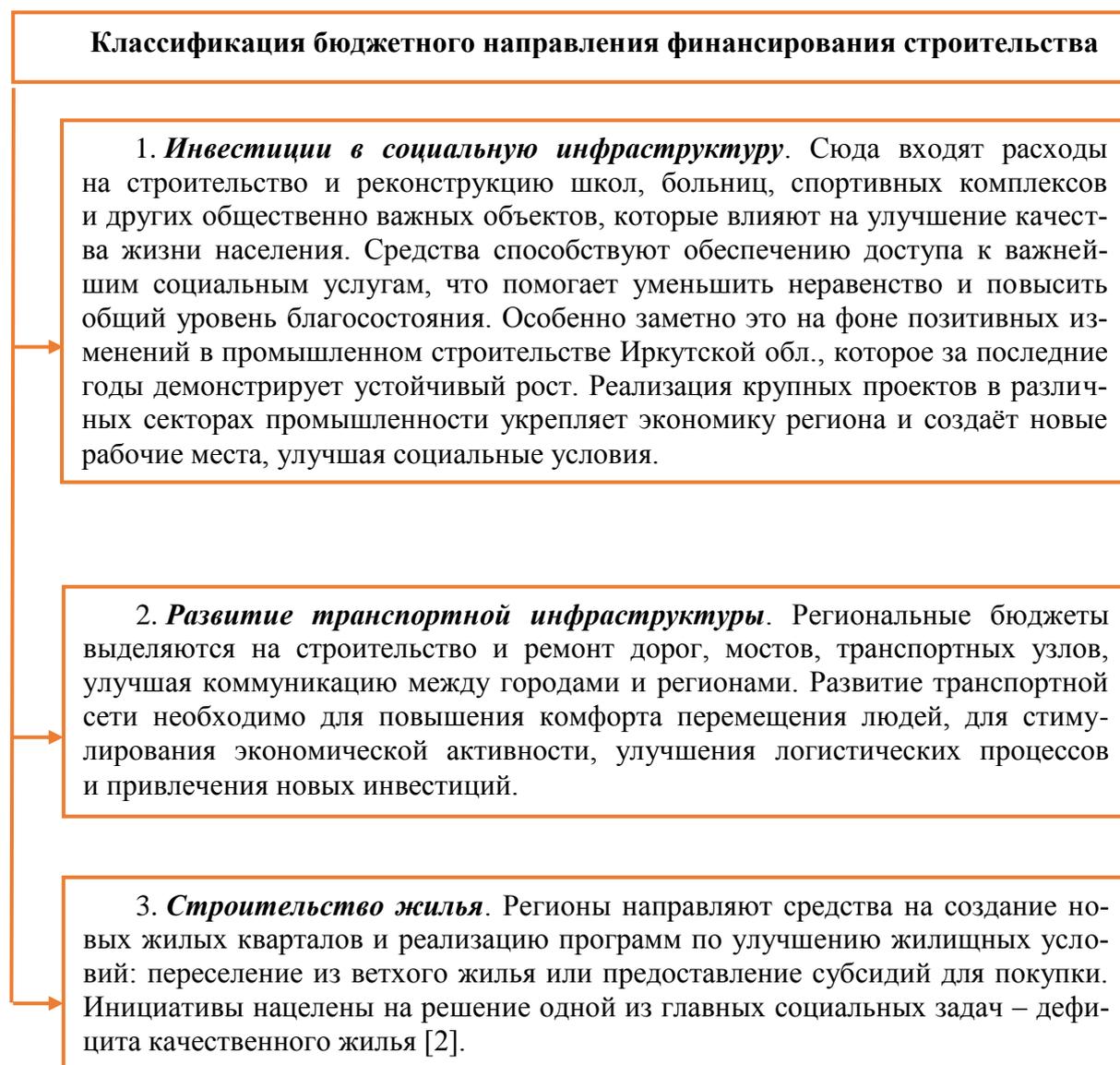


Рис. 1. Классификация финансирования строительства из региональных бюджетов

Структура инвестиций прежде всего зависит от приоритетов и нужд каждого региона. В экономически развитых областях (Москва, Подмосковье, Санкт-Петербург и Ленинградская обл.) ощутимые финансовые ресурсы направляются на крупные проекты, связанные с модернизацией транспортной и социальной инфраструктуры. Здесь особое внимание уделяется строительству современных дорог, мостов, медицинских и образовательных учреждений, что обусловлено высоким уровнем урбанизации и необходимостью поддерживать темпы развития крупных городов [1].

В регионах с менее развитой экономикой (республики Северного Кавказа и удалённые районы Сибири) усилия сосредоточены на решении базовых инфраструктурных задач. Большая часть средств направляется на улучшение дорог, строительство образовательных и медицинских учре-

ждений. Немаловажное место занимает программа переселения из аварийного и ветхого жилья, которая требует весомых финансовых вложений [6].

Стоит отметить, на основе данных единого портала бюджетной системы РФ, общий объем инфраструктурных расходов бюджетов российских регионов за первые два квартала 2024 г. достиг 649,5 млрд руб., что было на 14,5 % меньше, чем в 1-м полугодии 2023 г.

Вместе с тем следует отметить, что финансирование годичной давности было более значительнее, что составляло 22,3 % в конце 1-го квартала, данные колебания, связанные с новым составом правительства и публикации нового майского приказа в периоде 2-го квартала, когда регионы России стали активнее вкладывать в комплекс отраслей экономики, обеспечивающих условия для производства.

При этом на темп финансирования инфраструктуры влияет такой фактор, как высокая ключевая ставка, которая может сдерживать активность частных инвесторов на территории, и регион вынужден находиться в режиме «ожидания».

Исходя из данных статистического анализа, увеличение инфраструктурных расходов бюджетов регионов в первых двух кварталах 2024 г. наблюдалось в федеральных округах: Дальневосточном (на 2 %, до 51,9 млрд руб.) и Уральском (на 3,7 %, до 47,1 млрд руб.), данные изменения представлены на рис. 2. Впрочем, относительно невысокий прирост в обоих случаях фактически означает сохранение прошлогоднего уровня вложений.



Рис. 2. Распределение бюджетных инфраструктурных вложений по федеральным округам в 1-м полугодии 2024 г.

Так, например, в 1-й половине 2024 г. было зафиксировано значительное падение инфраструктурных бюджетных трат регионов в Центральном ФО на 24,5 %, до 232,8 млрд руб. Данное уменьшение наблюдалось во всех регионах ЦФО за исключением Липецкой обл., где наблюдался рост почти на 50 %. При этом самое сильное снижение инфраструктурных расходов было во Ярославской и Владимирской областях: на 65 и 69 %. [7]

Анализ распределения вложений показывает различие приоритетов в зависимости от региона. В ряде субъектов ресурсы вкладываются в транспортную инфраструктуру, особенно в крупных городских агломерациях, где необходимо создание новых транспортных узлов и развязок для повышения мобильности и поддержания экономической активности. В других регионах ключевыми остаются инвестиции в социальную сферу, особенно там, где имеется дефицит больниц, школ и других жизненно важных объектов.

Стоит отметить, что объемы финансирования и эффективность использования средств различаются по регионам. В экономически развитых областях масштаб и сложность проектов требуют колоссальных вливаний, но такие проекты часто приносят более высокую отдачу, т. к. непосредственно способствуют экономическому росту региона. В то время как в регионах с менее сильной экономикой инвестиции могут не давать мгновенных результатов, они создают жизненно важные условия для дальнейшего развития и стабильного роста в будущем.

Независимо от особенностей экономического развития, все регионы стремятся к улучшению условий жизни своих граждан, что в конечном итоге ведёт к устойчивому развитию. Такая тенденция подтверждается на примере Иркутской обл., где с 2019 по 2023 г. был достигнут немалый прогресс в реализации национальных проектов, запущенных Президентом РФ Владимиром Путиным. За эти годы в регионе было введено в эксплуатацию более 200 новых объектов в сферах образования, здравоохранения, культуры, спорта, в жилищно-коммунальном хозяйстве.

Следует отметить впечатляющее улучшение результатов национальных проектов в регионе. Так, если в 2020 г. удалось достичь 78 % от запланированных целей, то к 2023 г. этот показатель возрос до 98 %. Особенным успехом стало выполнение всех задач социального строительства по здравоохранению в 2023 г., что повысило доступность и качество медицинских услуг для населения.

На территории Иркутской обл. активно реализуются мероприятия социального строительства, на которые направлено общее финансирование в размере 181,4 млрд руб. Из них 103,3 млрд руб. поступили из федерального бюджета, 64,8 млрд руб. – из областного бюджета, а 13,3 млрд руб. – от Фонда развития территорий [3].

В рамках национальных проектов «Образование» и «Демография» было достигнуто улучшение инфраструктуры: построено 20 новых школ, что позволило создать 10,2 тыс. учебных мест, и 30 детских садов на 4,2 тыс. мест. Вдобавок 101 спортивный школьный зал был отремонтирован, обеспечивая тем самым более 29 тыс. учащихся возможностью заниматься физкультурой и спортом в современных условиях. В 459 школах функционируют центры «Точка роста», где 153 тыс. учеников обучаются с использованием новейших технологий.

В области культуры за период с 2019 по 2023 г. было построено и введено в эксплуатацию 8 ДК с общей вместимостью 1 069 чел. В 13 уч-

реждениях выполнен капитальный ремонт и созданы 21 модельная библиотека. В секторе спорта построено 14 новых объектов.

В сфере жилищно-коммунального хозяйства в рамках национального проекта «Жильё и городская среда» было реализовано строительство 22 объектов ЖКХ. Благоустроены 1 367 общественных и дворовых территорий, что сделало городскую среду комфортной для жителей 116 муниципальных образований, в которых проживает свыше 2 млн чел. В дополнение, программа переселения из ветхого и аварийного жилья позволила расселить более 29 тыс. чел. с 2019 г.

Особенно значительные результаты показал проект в области здравоохранения: были построены участковая больница в с. Шелехово Тайшетского р-на, 84 фельдшерско-акушерских пункта и 26 врачебных амбулаторий. Проведен ремонт 53 здравниц, приобретены 17 передвижных медицинских комплексов, 299 автомобилей для персонала и пациентов и 4 000 ед. медицинского оборудования [5].

В контексте национального проекта «Безопасные качественные дороги» дорожная сеть области улучшилась благодаря приведению в нормативное состояние 500 объектов на общую длину свыше 1,5 тыс. км. В ходе проекта «Экология» произведена закупка 140 ед. коммунальной техники на газовом топливе, подключение 300 домов к газовым сетям и обновление муниципального автопарка на 109 новых автобусов.

На 2024 г. запланирована реализация 47 региональных инициатив в рамках 13 национальных проектов. При этом к 01.09.2025 планируется расселить не менее 397 тыс. м² регионального аварийного жилищного фонда и переселить более 22 тыс. чел. [4].

Таким образом, Иркутская обл. демонстрирует успешную реализацию социального строительства в рамках национальных проектов, что повысило уровень инфраструктуры и качество жизни жителей. На 2024 г. запланирована реализация 47 региональных инициатив под эгидой 13 региональных программ. Достижения стали возможны благодаря целенаправленному финансированию и строгому контролю за выполнением работ. Однако требуется постоянный мониторинг и совершенствование процессов управления инициатив для поддержания высоких темпов развития и предотвращения любых форм злоупотреблений.

Список источников

1. Бычкова А. А. Инвестиции в транспортную инфраструктуру России // Вестник ГУУ. 2022. № 2.

2. Литвинова К. Я. Эффективное государственное управление инвестиционными проектами для достижения целей социально-экономического развития // Вестник АГУ. Сер. 5: Экономика. 2024. № 1 (335).

3. Министерство строительства Иркутской обл. URL: irkobl.ru/sites/irkstroy/gosprog/ylio24-30.

4. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ. URL: minstroyrf.gov.ru/press/v-irkutskoy-oblasti-iz-avariynogo-zhilya-pereseleno-5-5-tysyach-chelovek-.

5. Оказание поддержки отдельным категориям граждан в приобретении (строительстве) жилья. URL: admirk.ru/sectors/stroitelstvo/zhilishchnye-programmy/okazanie-podderzhki-otdelnym-kategoriyam-grazhdan-v-priobretenii-stroitelstve-zhilya.

6. Спицына Т. А. Эффективность механизма государственно-частного партнёрства при финансировании социальной инфраструктуры // Среднерусский вестник общественных наук. 2022. № 4.

7. Строительство в российских регионах. URL: sherpagroup.ru/analytics/b3r96er.

3. BIM-ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ И ОБРАЗОВАНИИ

УДК 004.72

ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ ПО ДЕМОНТАЖУ, СНОСУ, РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ

А. К. Анищенко, магистрант

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. В статье рассмотрена актуальность информационных технологий при планировании и производстве демонтажных работ. Уделено внимание технологии лазерного сканирования, 3D- и 4D-моделям, реконструкции промышленных объектов в режиме непрерывного цикла производственных процессов.

Ключевые слова: BIM, 4D-моделирование, 3D-моделирование, лазерное сканирование, демонтаж, снос зданий, информационная модель, визуализация, управление рисками

Современная база нормативных документов в строительстве не всегда отвечает текущим запросам отрасли в части работ по демонтажу и сносу. В федеральном законодательстве определён порядок, при котором ответственное лицо в возведении объекта, будь то застройщик или технический заказчик, обеспечивает формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства (далее – ИМ ОКС). В ряде случаев формирование и ведение ИМ уже является обязательным условием осуществления проекта. Параметры её формирования и ведения застройщиком в инициативном порядке законодательством не ограничивается.

На данный момент введено обязательное формирование и ведение ИМ ОКС для осуществления демонтажа (сноса) ОКС, попадающих под требования законодательства РФ. В дальнейшем внедрение ИМ ОКС при производстве работ по демонтажу и сносу будет находить всё более широкое применение, а также последуют ограничения для допуска к подобным работам без разработки и предварительного согласования ИМ на всё большем количестве объектов.

В результате создания ИМ ОКС целесообразно разработать методику или алгоритм подготовки ИМ для передачи её в службу эксплуатации, в процессе своей жизнедеятельности объект недвижимости постоянно подвергается изменениям из-за различного рода модернизаций, перепланировок, изменения функционального назначения всего объекта

или же его части. Появляются новые инженерные системы, ранее не запланированные, текущие и капитальные ремонты. Если *BIM*-модель была изначально предусмотрена в концепции строительства и последующей эксплуатации, в нее вносятся все изменения о жизненном цикле здания. К окончанию жизненного цикла строительного объекта *BIM*-модель будет содержать исчерпывающие сведения о внесённых изменениях в первоначальный проект, что позволит скорректировать методику дальнейшего сноса и утилизации образовавшихся отходов.

Результаты исследований, проведённых в Великобритании, показывают, что пути сноса с точки зрения отрасли подразделяются на три основные категории: традиционный снос, устойчивый снос и круговой снос. Традиционный снос воспринимается как наиболее затратный путь сноса. Устойчивый снос представляет собой лучшую на данный момент практику в отрасли, о чём свидетельствует стремление к вторичной переработке. А круговой снос – это шаг за рамки устойчивого сноса, при котором строительные материалы извлекаются, чтобы максимизировать возможности повторного использования. Опросы среди инженеров по сносу показали, что индустрия сноса может способствовать циклическому сносу за счёт раннего взаимодействия с проектировщиками, установление круговых целей в тендерном процессе. Такой аспект, как повторное использование именно готовых элементов демонтируемых конструкций, а не их рециклинг или утилизация, может быть заложено в *BIM*-модель ещё на стадии разработки проектной документации и отражено в тендерных условиях проекта [1].

Если ОКС был построен по индивидуальному проекту и без применения ИМ или модель не включает в себя последующий снос как завершающий жизненный цикл объекта (а таких зданий подавляющее большинство), в некоторых случаях целесообразно изготовить актуальную ИМ имеющегося демонтируемого здания (сооружения), для таких работ используют методы лазерного сканирования. Технология лазерного сканирования основана на трёхмерном обмере строительного объекта путём создания с помощью лазерного сканера облака точек. В дальнейшем полученные данные используют в процессах цифровой трансформации. При производстве сканирования изначально полученные данные не представляют структурированную модель и являются точками, имеющими пространственные координаты, полученные облачные данные в дальнейшем необходимо объединить с помощью специализированного программного обеспечения. Полученная визуализация переносится в систему координат для создания трёхмерной модели здания, этот этап имеет название совмещения или регистрации, выполняется на этапе постобработки или сразу в процессе сканирования. Полученная в результате этой работы 3D-модель ещё не может считаться полноценной ИМ, на данной стадии она представляет копию физического объекта, образованную миллионами точек с установленным уровнем точности (рис. 1). Полученная в результате сканирования модель объединяется в *BIM*-моделью для последующего использо-

вания. На этапе консолидации моделей выявляют и устраняют обнаруженные ошибки, при необходимости производят повторные обмеры спорных участков объекта [2].

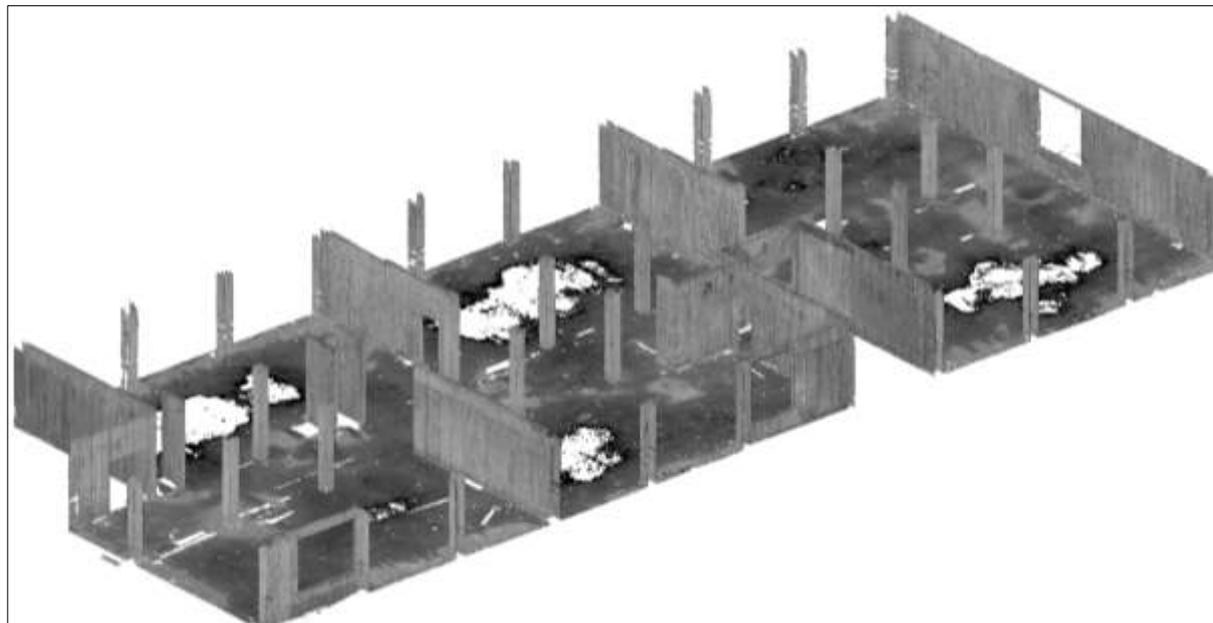


Рис. 1. Облако точек отсканированного объекта [2]

Внутренний объём промышленного здания зачастую предусматривает наличие большого количества оборудования, при реконструкции и ремонтах крупногабаритного оборудования большое значение приобретает информация о заполнении внутреннего пространства. Как правило, данная информация не оцифрована и представлена в виде схем и чертежей на бумажных носителях. Происходящие изменения в жизненном цикле здания и оборудования не всегда вносят в эти документы. Поэтому при реконструкции или модернизации насыщенных промышленных объектов целесообразно изготовление 3D-модели методом лазерного сканирования. Трёхмерная модель учтёт все произведённые и не внесённые в документацию изменения и позволит избежать ошибок на стадии разработки проекта по реконструкции, что позволит снизить стоимость самих работ, уменьшить срок реконструкции и избежать ошибок при проектировании [3].

Получение визуального представления о ходе работ в реальном времени и контроля графика строительно-монтажных работ предоставит разработанная 4D-модель объекта (рис. 2). Она представляет собой комплексный инструмент по управлению строительным процессом, в который оперативно вносятся изменения по мере их поступления. Благодаря удалённому доступу все участники проекта могут в режиме реального времени иметь точную информацию о ходе строительного процесса, что особенно актуально для удалённых районов.

При сравнении эффективности использования 4D-технологии при возведении жилых и промышленных зданий в промышленном строительстве технология показывает себя более обоснованной, т. к. типовые

проекты практически отсутствуют в промышленном строительстве. Модель способствует анализу и проверке многих технологических решений, позволяет дать оценку правильности выбранной технологии производства строительного-монтажных работ, монтажу оборудования и других систем [4].



Рис. 2. Пример 4D-модели возведения сборно-монолитного каркаса [5]

Соответственно, данная технология будет иметь место и в обратном процессе: поэтапном демонтаже сложных и укрупнённых объектов, где на каждом этапе работ в режиме реального времени можно отслеживать фактическое выполнение работ на 4D-модели [5].

Ещё одна область применения информационного моделирования демонтажных работ, где не нашло широкого применения информационное моделирование: проведение работ по частичному или полному демонтажу оборудования в стеснённых условиях с сохранением имеющихся зданий или оборудования, коммуникаций (рис. 3). Компьютерная визуализация данного вида работ позволит смоделировать ситуацию перемещения демонтируемого оборудования внутри работающего предприятия или его узла, определить все параметры перемещения демонтируемого оборудования и необходимого для этого свободного пространства.



Рис. 3. 3D-модель промышленного узла с технологическими трубопроводами

Т. к. многие промышленные предприятия имеют непрерывный цикл производства и останавливать (приостанавливать) работу какой-то их части можно лишь на ограниченное количество времени, а порой и нельзя вообще, то создание ИМ позволит определить точное время выполнения необходимых демонтажных работ и точный путь перемещения демонтированного оборудования. Используя компьютерную симуляцию, можно смоделировать процесс выполнения работ и на предварительной стадии откорректировать его, устранив все недочёты и риски. Т. к. работы по демонтажу и сносу самые труднопрогнозируемые с коммерческой точки зрения, благодаря данной методике также можно максимально корректно рассчитать коммерческую составляющую проекта и оценить все возможные финансовые риски его реализации.

Использование информационных технологий, 3D- и 4D-моделей, лазерного сканирования, использование пространственных послойных моделей при таких работах, как демонтаж, снос, реконструкция зданий, может сделать процесс быстрее, эффективнее и экономичнее. Применение трёхмерных временных моделей позволит контролировать этапы работ в проектах, находящимся в удалённых регионах, в которых, как правило, сосредоточены крупные реконструируемые промышленные объекты. Информационные технологии обеспечивают высокий уровень визуализации организационных решений и оперативное реагирование в управлении строительным проектом.

Список источников

1. Yazan Osaily Demolition Project Management Pathways: the Route towards Circular Demolition: Alex Copping University of Bath Stephen McCann // November 2022 IOP Conference Series Earth and Environmental Science 1101 (6): 062002. DOI:10.1088/1755-1315/1101/6/062002.

2. Сорокина О. Н. Применение 3D-сканирования в строительстве / О. Н. Сорокина, С. В. Семина, Н. В. Гречушкина // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации: матер. 5-й междунар. НПК. Омск: СибАДИ, 2021. С. 596–599.

3. Богданов А. Н. Наземное лазерное сканирование в строительстве в BIM-технологиях / А. Н. Богданов, И. А. Алешутин // Известия КГАСУ. 2018. № 4 (46). С. 326–332.

4. Бовтеев С. В. Применение 4D-моделирования при организации строительства промышленных зданий / С. В. Бовтеев, М. Петровский // Научно-технические технологии и инновации (25-е науч. чтения): матер. междунар. НПК. Белгород: БГТУ, 2023. С. 701–704.

5. Бовтеев С. В. Применение 4D-моделей для визуализации возведения сборно-монолитного каркаса здания / С. В. Бовтеев, Е. С. Евстифеева // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. 6-й междунар. НПК. СПб.: СПбГАСУ, 2023. С. 20–25.

СИСТЕМА ПРИНЯТИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

К. М. Асташкевич, студент

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. Возведение промышленных объектов требует целостной и оптимизированной системы принятия организационно-технологических решений, начиная с предпроектной стадии подготовки и завершая строгим соответствием выполнения строительно-монтажных работ требованиям разработанного проекта. В статье поставлена задача выявить и систематизировать факторы, влияющие на разработку организационно-технологических решений с целью повышения надежности строительства. Основные полученные результаты заключаются в сформулированных рекомендациях проектированию организационно-технологической части строительного проекта.

Ключевые слова: *организационно-технологические решения, организационно-технологическая надёжность, промышленные комплексы, металлоконструкции, проблемы проектирования*

Существующая научно-техническая база для принятия решений по организации строительства промышленных объектов достаточно полно проработана и описана в трудах многих отечественных и зарубежных учёных, а также в нормативной документации. Однако ключевой проблемой, требующей более глубокого анализа при создании оптимальной системы организации строительства, является отсутствие методологии разработки организационно-технологических решений с применением единого способа обработки и предоставления информации, позволяющего быстро адаптировать решения к специфике реализации конкретных строительных объектов.

Основная цель при возведении строительных объектов – обеспечение организационно-технологической надёжности строительства. Под организационно-технологической надёжностью понимается способность производственной системы разработать и реализовать оптимальные технологические, организационные, управленческие и другие решения для выполнения основных задач строительства: реализация в запланированные сроки и в рамках выделенного бюджета, достижение требуемого и достаточного качества строительной продукции в условиях воздействия дестабилизирующих факторов, присущих строительству, как сложной динамической системе.

Однако, строительство промышленных комплексов характеризуется высокой динамичностью – большими объёмами работ, требующими реа-

лизации в сжатые сроки, а также сложными взаимосвязями между смежными разделами строительства – например, увязкой конструктивных решений с технологическими особенностями оборудования, размещаемого на объекте. Данные особенности делают процесс проектирования технически сложным и трудоёмким. Были выявлены и проанализированы проблемы реализации промышленных строительных проектов, систематизированные в виде диаграмм – рис. 1, 2. Цифровые значения данных получены по итогам аналитического изучения крупных строительных и инвестиционных проектов в промышленной отрасли [2].

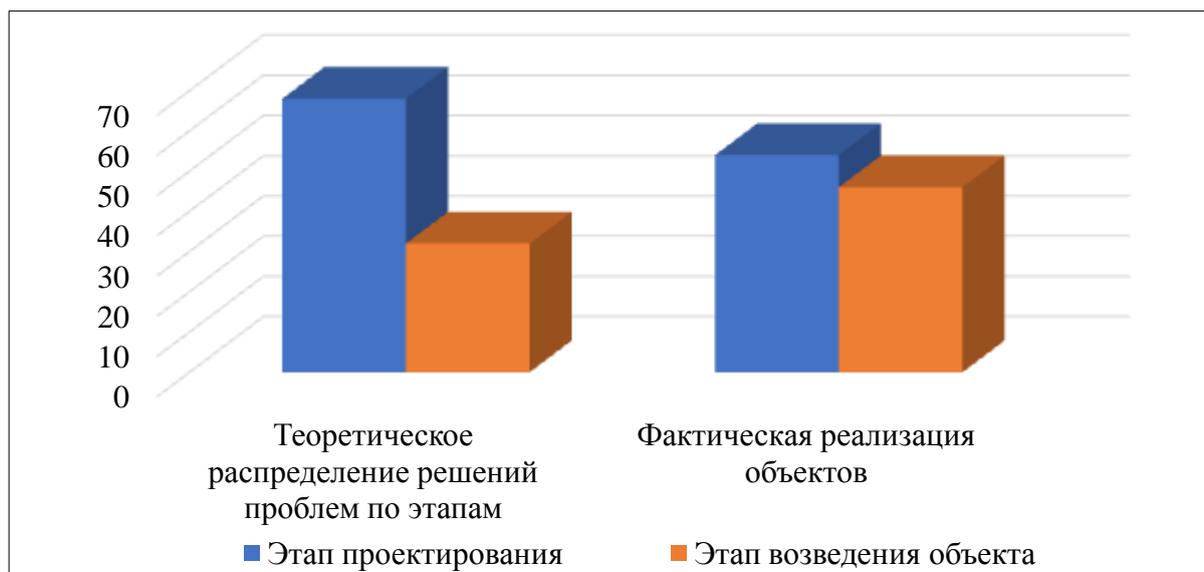


Рис. 1. Диаграмма распределения проблематик по этапам работ

Диаграмма распределения проблематик по этапам реализации проекта (рис. 1) показывает, что теоретически предполагается выявить и устранить 68 % проблем, связанных с возведением промышленных объектов, ещё на этапе проектной подготовки. Однако, из опыта возведения исследуемых объектов, на этапе проектирования выявлено лишь 54 % ошибок, соответственно, 46 % сложностей потребовалось устранять уже на этапе выполнения строительных работ, что привело к дополнительным издержкам. В подобных случаях необходимо разрабатывать новые технические решения в процессе авторского надзора за ходом строительства и выпускать дополнения к проектной документации, повторно привлекая конструкторов, проектировщиков и специалистов смежных разделов.

Важно отметить, что надёжность готовой строительной продукции зависит не только от фактического качества выполнения строительно-монтажных работ, но и от степени проработки архитектурно-конструктивных, технологических и организационных решений проектирования. Основные конструктивные и технологические решения закладываются на этапе предпроектной подготовки. Ввиду преемственности принятия дальнейших решений, данный предпроектный этап был проанализирован отдельно. Выявленные проблемы были классифицированы по области их происхождения (рис. 2).

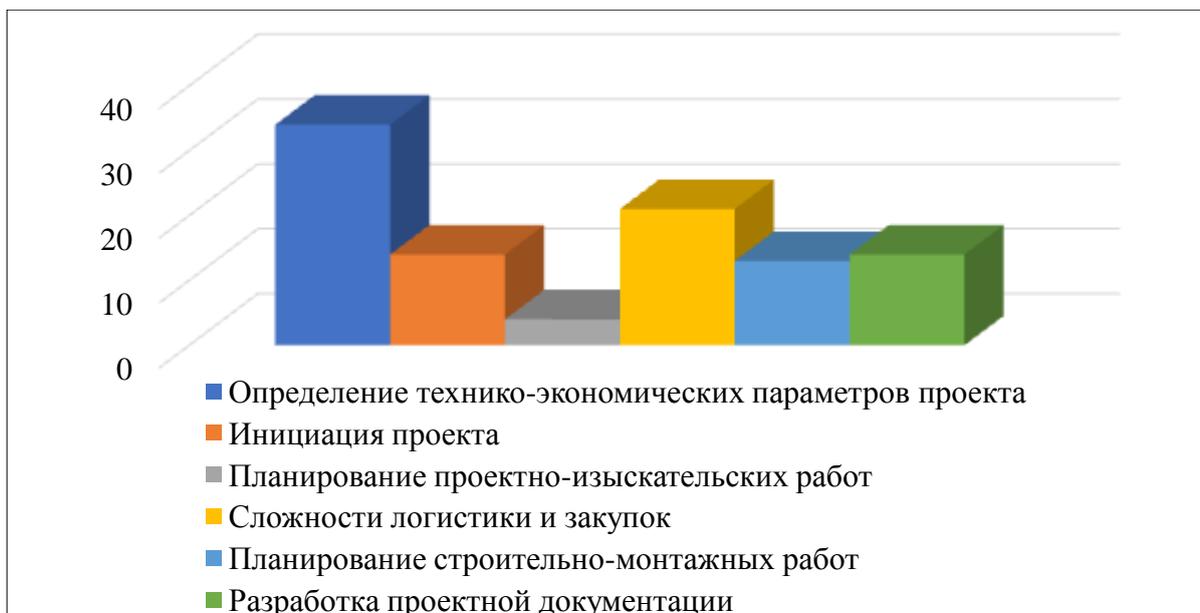


Рис. 2. Классификация проблематик реализации проектов на предпроектном этапе

Анализ строительства промышленных объектов подтверждает, что на этапе эскизного проектирования (предпроектной подготовки) важно корректно определить требуемые технико-экономические параметры объекта во избежание внесения изменений в дальнейшую проектную документацию. Среди исследуемых объектов 34 % проблем реализации возникло из-за изменения основных параметров проекта. Это наиболее распространенная причина отклонений. Другая весомая категория сложностей промышленного строительства (21 %) связана с логистическими аспектами и закупками строительных материалов, техники и промышленного оборудования, что может объясняться политико-экономической ситуацией, а также территориальной отдалённостью и труднодоступностью мест строительства некоторых промышленных комплексов.

Эффективным инструментом для решения выявленных проблем и повышения уровня организационно-технологической надежности строительства предлагается использовать системы автоматизации и ИТ-инструментарий [1]. Внедрение современных ИТ-разработок на этапе предпроектной и проектной подготовки позволит заблаговременно выявить проблемы реализации проекта и решить их в плановом порядке без увеличения итоговой стоимости и срыва сроков проекта.

Необходимым инструментом в вопросе обеспечения организационно-технологической надёжности решений при строительстве масштабных промышленных объектов является применение современных технологий проектирования, планирования и организации строительства, в частности, как минимум 3D-моделирование, т. е. трёхмерное представление объекта с взаимной увязкой разных разделов проекта (несущие конструкции, инженерные сети, оборудование). Однако, в технически сложных и масштабных проектах, какими являются промышленные комплексы, инструментария 3D-моделирования может быть недостаточно с точки зрения принятия организационно-технологических решений [3]. Например, при строитель-

стве промышленных комплексов в календарном графике необходимо учитывать до 5 тыс. задач. Эффективное и экономичное управление строительством таких объектов, а также обеспечение соответствия календарного графика реальной ситуации на строительной площадке возможны благодаря созданию точной 4D-модели объекта.

Моделирование в формате 4D (трёхмерное моделирование строительства с привязкой к временной шкале) позволяет обнаружить пространственно-временные несоответствия (коллизии), оптимизировать организационные решения, более эффективно сформировать фронты работ с учётом привлечения большого числа разнопрофильных подрядных организаций, что значительно снижает затраты на строительство и предотвращает простой ресурсов.

Таким образом, в статье были проанализированы и классифицированы проблемы, возникающие при строительстве крупных промышленных объектов. Даны наиболее вероятные причины возникновения систематических отклонений строительства от разработанного проекта. В целях оптимизации системы принятия организационно-технологических решений строительства промышленных объектов предлагается осуществлять более детальную подготовку предпроектной и проектной стадий строительства с обязательным внедрением технологий информационного моделирования для оперативного отслеживания конструктивных и пространственно-временных коллизий.

Список источников

1. Аль-Мсари А. А. Р. А. Моделирование организационно-технологической надёжности комплексной застройки с учётом рисков ресурсообеспечения / А. А. Р. А. Аль-Мсари, А. А. Руденко // Вестник СибАДИ. 2024. № 21 (1). С. 120–133.
2. Искусственный интеллект и сквозные технологии. URL: comnews.ru/content/233734/2024-06-14.
3. Бовтеев С. В. Применение 4D-моделирования при организации строительства промышленных зданий / С. В. Бовтеев, М. Петровский // Научно-технические аспекты инноваций (25-е науч. чтения): матер. междунар. НПК. Белгород: БГТУ, 2023. С. 701–704.
4. Мотылев Р. В. Внедрение BIM-технологий в строительной отрасли: проблемы и пути их решения / Р. В. Мотылев, Ю. Л. Абракова // Инженерные задачи: проблемы и пути решения: матер. 2-й всеросс. (нац.) НПК. Архангельск: САФУ, 2021. С. 7–10.
5. Руденко А. А. Оценка рисков строительных проектов на основе байесовских сетей / А. А. Руденко, В. Суй, А. Е. Михайлов // Промышленное и гражданское строительство. 2024. № 3. С. 40–46.
6. Мухаметзянов З. Р. Формирование организационно-технологических решений при строительстве отраслевых комплексов / З. Р. Мухаметзянов, П. П. Олейник // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 11. С. 35–41.

ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОНТРОЛЕ

И. В. Васильев, магистрант;

А. В. Максимов, канд. техн. наук, доцент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Рассмотрена возможность повышения качества строительной продукции посредством привлечения современных, эффективных методов производства строительного контроля, включая прогрессивные, инновационные BIM-технологии. Оперативное выявление данных о фактическом состоянии и свойствах строительного объекта (и связанной с ним системы строительного производства) рассматривается как значительный и важный фактор обеспечения качества строительной продукции. Совершенствование методики производства мероприятий строительного контроля на основе BIM-моделирования позволяет эффективно и своевременно выявлять различного рода отклонения параметров отдельных элементов конструкций объектов от установленных показателей качества возводимых объектов строительства.

Ключевые слова: *BIM, строительный контроль, BIM-моделирование, строительство, информационные технологии, оценка качества строительной продукции*

Современные подходы к обеспечению качества строительной продукции предполагают использование специальных инструментов и методов контроля, эффективно дополняя существующие методы контроля, включая инновационные технологии оцифровки строительных процессов. Эти подходы помогают проводить мониторинг, лабораторные и исследовательские работы, а также создавать информационно-аналитическую среду для разработки и внедрения необходимых технических и организационных решений. Для успешного контроля качества строительной продукции в рамках программы научно-технического содействия предусмотрено выполнение комплекса научно-методических, организационно-технологических, контрольных и аналитических процедур. Целью этих мероприятий является выявление, проверка и обновление информации о реальном состоянии строительных элементов объектов капитального строительства.

Характеристика инновации в строительном контроле. Экспериментальные исследования свойств и состояний строительных конструкций.

Результаты экспериментальных исследований становятся подтверждением или опровержением соответствующей научной гипотезы или предположения о фактическом соответствии свойств и состояний строительных элементов объектов установленным показателям качества (рис. 1, 2).

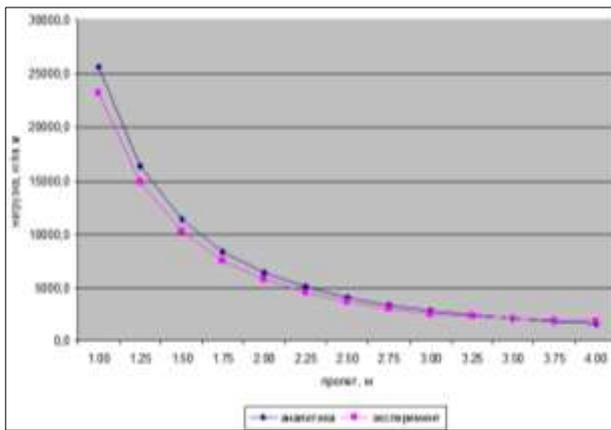


Рис. 1. Результат эксперимента



Рис. 2. Алгоритм планирования и реализации (этапов) эксперимента

Сценарный (виртуальный) подход подразумевает превентивный, интерактивный анализ особенностей выполнения конкретного строительного процесса в виртуальном режиме, позволяющем определить последовательность действий строительного персонала при разных условиях возведения.

Речь идёт о нетрадиционном (инновационном) методе интерактивного «программирования возможностей» и регулирования взаимодействия между рабочими операциями и возможными производственными условиями, при которых предполагается производство работ, и персоналом.

Информационные технологии BIM-моделей в строительном производстве. Основная задача создания и обновления состояния BIM-модели строительной продукции заключается в обеспечении всех соответствующих категорий участников строительства и строительной деятельности (различных категорий и в первую очередь заказчиков строительства) фактическими, реальными данными и необходимой информацией о состоянии строительной продукции.

Алгоритм формирования актуальной информационной среды, в т. ч. BIM-модели с применением современных средств дистанционного мониторинга состояний объекта строительства, предлагается рассматривать как метод повышения эффективности современных приёмов производства строительного контроля при оценке фактических свойств и состояний возводимого или завершённого строительством строительного объекта с применением технологии BIM-моделирования (рис. 3).

В качестве основного технического инструмента дистанционного мониторинга как один из основных вариантов предусматривается беспилотный летальный аппарат (БПЛА), который осуществляет формирование, первоначальную обработку и передачу актуальных потоков данных об объекте исследований в соответствующую информационную среду (например, в формате «облака точек», характеризующих фактическое пространственное расположение объекта). По полученным информационным данным предполагается осуществлять автоматизированным способом выявление допущенных в процессе строительства отклонений и внесение этих данных в первоначальный формат соответствующей BIM-модели.

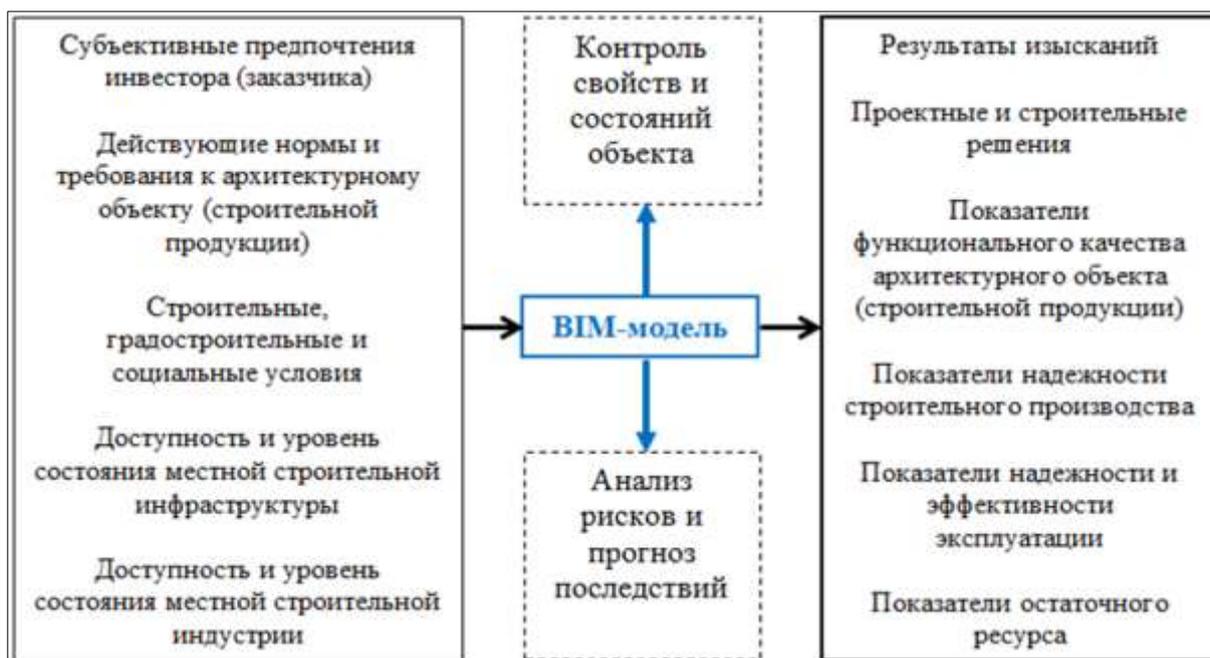


Рис. 3. Место и значение *BIM*-модели в современном подходе к формированию качества строительной продукции

Эффективность предложенного алгоритма состоит в том, что для производства мониторинга не отвлекается строительный персонал, выполняющий соответствующий процесс, исключается влияние человеческого фактора на результаты измерений, значительно сокращается время, необходимое для получения верифицированных и актуальных данных по результатам произведённого мониторинга.

В контексте функционального качества строительной продукции считается, что фактические значения характеристик состояния готовой строительной продукции соответствуют заданным (проектным) значениям.

Современный подход к обеспечению функционального качества ориентирован на широкое применение информационных платформ, предусматривающих разработку и развитие *BIM*-моделей на различных этапах жизненного цикла строительных объектов, включая этап «строительство».

Нормативно-правовое и нормативно-техническое признание методов информационного моделирования (*BIM*-моделирования) должно быть в полной мере рассмотрено в контексте возрастающих требований к функциональному качеству строительных проектов различного назначения, масштаба и технико-технологической сложности.

Строительный контроль является обязательным к исполнению мероприятием (комплексом мероприятий), которое оказывает непосредственное влияние на обеспечение установленных показателей функционального качества строительного объекта на этапе его возведения и допуска к эксплуатации.

Состав и объём обязательных мероприятий, проводимых в рамках строительного контроля, допускает применение различных средств визуального и инструментального анализа контролируемых параметров, осу-

ществляемого при входном, операционном и приемочном контроле свойств и состояний строительных материалов, конструкций, технологий возведения строительного объекта.

Современные информационные технологии (*ВИМ*-моделирования) не могут полностью заменить традиционные общие методы и способы строительного контроля. Однако они уже сейчас позволяют значительно повысить результативность и эффективность существующих (обязательных) методов, особенно в области автоматизации сбора, первичной обработки и передачи информационных данных о текущем состоянии строящихся объектов.

В данной статье рассматривается потенциал использования *ВИМ*-моделирования для повышения качественного уровня разработки мер строительного контроля на примере технологии (методологии) дистанционного контроля характеристики состояния строящихся объектов с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для выполнения основных процедур управления строительством в процессе строительства или после его завершения.

Рассматриваемая методика предполагает последовательное выполнение технологических процедур, которые включают:

- подготовку объекта исследований (контроля);
- подготовку средств измерений и их носителя (БПЛА);
- организацию рабочей зоны и воздушного пространства к производству измерений;
- измерение контролируемых параметров свойств и состояний строительного объекта;
- организацию автоматизированного сбора, обработки и передачи информационных потоков данных для формирования фактического состояния объекта и их качественной оценки.

Основным результатом применения описанной выше методологии является разработка обновлённой и валидированной *ВИМ*-модели строящегося (или завершённого) объекта. По результатам проведения строительного контроля доработанная *ВИМ*-модель становится обоснованием для дальнейшего анализа наличия/отсутствия отклонений, допущенных в процессе строительства, от первоначальных проектных. Результатом сравнительного анализа становится заключение о количественном и качественном составе выявленных отклонений (дефектов, повреждений) и разработка мероприятий по их устранению или учёту при последующей эксплуатации возведённого объекта.

Под научно-техническим сопровождением в данной работе подразумевается область теоретической и практической деятельности, направленной на повышение функционального качества строительной продукции в таких ситуациях, для которых стандартные, обязательные процедуры строительного контроля не могут быть эффективно применены или не дают возможность получения результатов достаточной точности.

Научно-техническое обеспечение в данной статье относится к области теоретической и практической деятельности, направленной на повышение функционального качества строительной продукции в случаях, когда стандартные и обязательные процедуры строительного контроля не могут быть эффективно реализованы или отсутствует возможность получения достаточно точных результатов.

Применение информационных *ВИМ*-технологий признано эффективным инструментом для современной интерпретации концепции научно-технического обеспечения.

Научно-техническое сопровождение процесса строительства с помощью соответствующих организационных и технических моделей может быстро и адекватно продемонстрировать возможные пространственные, временные и технические конфликты и меры, необходимые для их устранения или минимизации их негативных последствий.

Большинство современных информационных платформ и *ВИМ*-технологий направлены на решение практических задач, связанных с разработкой (проектированием) необходимых характеристик, состояний и условий объекта строительства.

Современные возможности информационных технологий значительно отстают в плане разработки и внедрения *ВИМ*-моделей для организации и производства мероприятий по строительному контролю в строящихся объектах.

Современные возможности информационных технологий значительно отстают в плане разработки и внедрения *ВИМ*-моделей для организации и производства мероприятий по строительному контролю в строящихся объектах.

Здесь важно отметить, что развитие организации мер по строительному контролю и применение *ВИМ*-моделей на производстве ограничено и полностью зависит от компетентности и качества (степени полноты, детализации) разработанной исходной («проектной») *ВИМ*-модели.

В свете вышесказанного следует признать, что обеспечение преемственности между характеристиками «проектных» и «строительных» *ВИМ*-моделей является одним из наиболее важных аспектов в развитии современных возможностей *ВИМ*-технологий.

Важным направлением можно считать развитие программных и технических возможностей для обработки и сбора информационных данных по результатам строительного контроля и их преобразования в формат *ВИМ*-модели фактического состояния строящегося объекта. Проведённый в рамках исследования анализ метода дистанционного мониторинга состояний строительного объекта с применением БПЛА показал, что результат измерений в формате «облака точек, характеризующих фактическое, пространственное положение» не способен к оперативной интеграции с первоначальной, «проектной» *ВИМ*-моделью.

Важным направлением развития навыков моделирования в *BIM* является глубокая связь с передовыми технологиями и методами моделирования, используемыми в научно-техническом обеспечении строительного контроля. Реализация мер научно-технического обеспечения строительного производства должна сопровождаться и дополняться сбором и обработкой значительного объёма информации (потоков информационных данных), которые могут быть собраны и обработаны с помощью соответствующих информационных технологий и *BIM*-моделей.

Сбор, обработка и оценка результатов – важный и ответственный элемент строительного контроля, который, в свою очередь, формирует функциональное качество строительного продукта. Перевод неэлектронных, неавтоматизированных способов разработки данных строительного контроля (актов, исполнительных схем, результатов исправлений выявленных дефектов, повреждений и иных видов отклонений от установленных значений) в формат *BIM*-моделей способен не только повысить эффективность стандартных процедур строительного контроля, но и повысить возможности обеспечения последующего, эксплуатационного качества строительной продукции.

Список источников

1. Смирнов О. Л. Составление и оптимизация моделей сложных систем. М.: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. 144 с.
2. Рахман П. А. Марковская цепь гибели и размножения в моделях надёжности технических систем / П. А. Рахман, А. И. Каяшев, М. И. Шарипов // Вестник УГАТУ. 2015. Т. 19. № 1 (67). С. 140–150.
3. Самарский А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. М.: Физматлит, 2001. 320 с.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

А. Д. Васюченко¹, инженер I категории;
О. Д. Курбаковских², старший преподаватель
¹ОАО «Красиндорпроект», Красноярск, Россия
²Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В статье приводится опыт использования программной системы ТИМ КРЕДО в области дорожного строительства в целях информационного моделирования линейных объектов капитального строительства, построения твердотельных 3D-моделей геологической ситуации и в целом процесса работы в КРЕДО.

Ключевые слова: технологии информационного моделирования, программное обеспечение, цифровая информационная модель, линейный объект капитального строительства, ТИМ КРЕДО, импортозамещение

В настоящее время говорить о полном применении ТИМ в проектно-изыскательской деятельности на данный момент уже считается устаревшей темой. Заявления компании о переходе в ТИМ считается, скорее, антирекламой. Однако в реальности большая часть компаний, если и используют технологии информационного моделирования, то частично. В связи с множеством факторов полный переход на ТИМ может быть затруднён. Рассмотрим некоторые из них.

Одним из таких факторов является незнание программ, позволяющих моделировать линейные объекты капитального строительства, их функционала и возможностей программного обеспечения, с которым предстоит работать, его неприятие или непонимание всех выгод – оптимизации труда и снижения трудозатрат, которые можно достичь, применяя технологии информационного моделирования. Программы, позволяющие работать в проектно-изыскательской компании в области линейных строительных объектов, малочисленны и, зачастую, сложны в освоении. Можно привести множество примеров программных систем для моделирования площадных объектов, зданий и сооружений. В гораздо меньшей степени известны программы, позволяющие моделировать линейные объекты. В связи со спецификой проектирования линейных объектов, ПО, разработанные для зданий, сооружений и других площадных объектов, не приспособлены для моделирования автомобильных и железнодорожных дорог, линий электропередач, водопроводов и канализационных систем. Однако если говорить о моделировании мостов и путепроводов, то рамки между площадным и линейным моделированием размываются, что, в свою очередь, вызывает дискуссию в среде специалистов – какое ПО следует использовать для данного типа задач. Российские разработчики понимают по-

требность проектировщиков автомобильных дорог и инженерных систем в программном обеспечении для информационного моделирования и предлагают отечественные конкурентоспособные программные комплексы. Отрасль в целом готова переходить на российское ПО. Есть рабочие варианты импортозамещения – программная система КРЕДО, Индоркад, *Robur*.



Рис. 1. Российские компании – разработчики ПО

Наша компания ОАО «Красиндорпроект» в работе практически полностью вовлечена в экосистему ТИМ КРЕДО. Возможности программной системы ТИМ КРЕДО позволяют применять данное ПО на каждом этапе проектирования объекта. Изыскатели с помощью БПЛА фиксируют облако точек, которое затем обрабатывается в ТИМ КРЕДО 3D СКАН для получения *DEM*-модели поверхности, также вводятся ситуационные объекты. Геологическая информация – состав разведочных скважин, их положение, геологические разрезы, отчёты и ведомости по грунтам, объёмная геологическая модель местности формируется в подсистеме ТИМ КРЕДО ГЕОЛОГИЯ. Проектные же решения выполняются в подсистеме для проектировщиков автомобильных дорог, инженерных систем и генплана ТИМ КРЕДО ПРОЕКТИРОВАНИЕ. Выводить рабочие чертежи, протоколы и ведомости возможно как из программы напрямую в *pdf*-формат для печати, так и в *dxf/dwg* для дальнейшей обработки в сторонних ПО для работы с *2D*-чертежами.

Важнейший этап в работе над новым объектом – сбор исходных данных. От качества инженерной цифровой модели местности, получаемой проектировщиками, зависит корректность и качество принимаемых решений специалистов и впоследствии производство строительных работ.

Именно удачные кейсы применения ПО способны убедить специалистов о необходимости перехода на прямой *BIM* в строительной сфере в целом и в проектно-изыскательской деятельности в частности. Возможности проектирования в прямом *BIM* обеспечивают многократное снижение трудозатрат, оптимизацию процесса проектирования, структурирование файловой системы организации и минимизацию ошибок, допускаемые вследствие междисциплинарного взаимодействия.



Рис. 2. Информационная модель автомобильной дороги

Позвольте поделиться одним из таких удачных примеров применения российского ПО ТИМ КРЕДО ГЕОЛОГИЯ на объекте в Приморском крае, результат которого был представлен на Дальневосточном экономическом форуме. Благодаря возможностям программной системы и навыков работы с ней удалось обработать гигантский массив данных за относительно короткий период времени. Для начала была построена поверхность по облаку точек, предоставленных геодезистами. Затем с помощью инструментов ввода геологической информации точно по координатам на местности были введены более 200 геологоразведочных скважин со всеми присущими данными по дате бурения, составу литологических слоёв, наличию уровней грунтовых вод и отметок отбора проб.



Рис. 3. Положение скважин в пространстве 3D-модели

В дальнейшем по скважинам была построена сетка из более чем 30 геологических разрезов, внутри которой была сформирована твердотельная 3D-модель геологии.

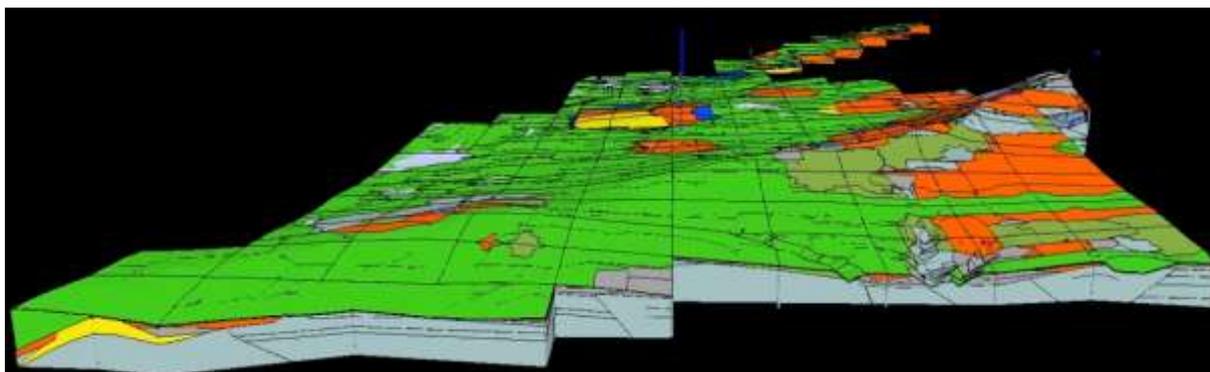


Рис. 4. Объёмная геологическая модель

Затем был устроен срез модели по координатам для анализа грунтов на отметке, а также подсчёта объёма вынимаемых грунтов. Используя внутренний функционал программной подсистемы ТИМ КРЕДО ГЕОЛОГИЯ, удалось вывести ведомости и отчёты об объёмах грунтов каждого слоя с их характеристиками в конечном оформленном виде для презентации и отчёта перед заказчиком. А внутренние шаблоны чертежей для колонок позволили сформировать более 200 чертежей строения геологической скважины в отчётной форме в кратчайшие сроки.

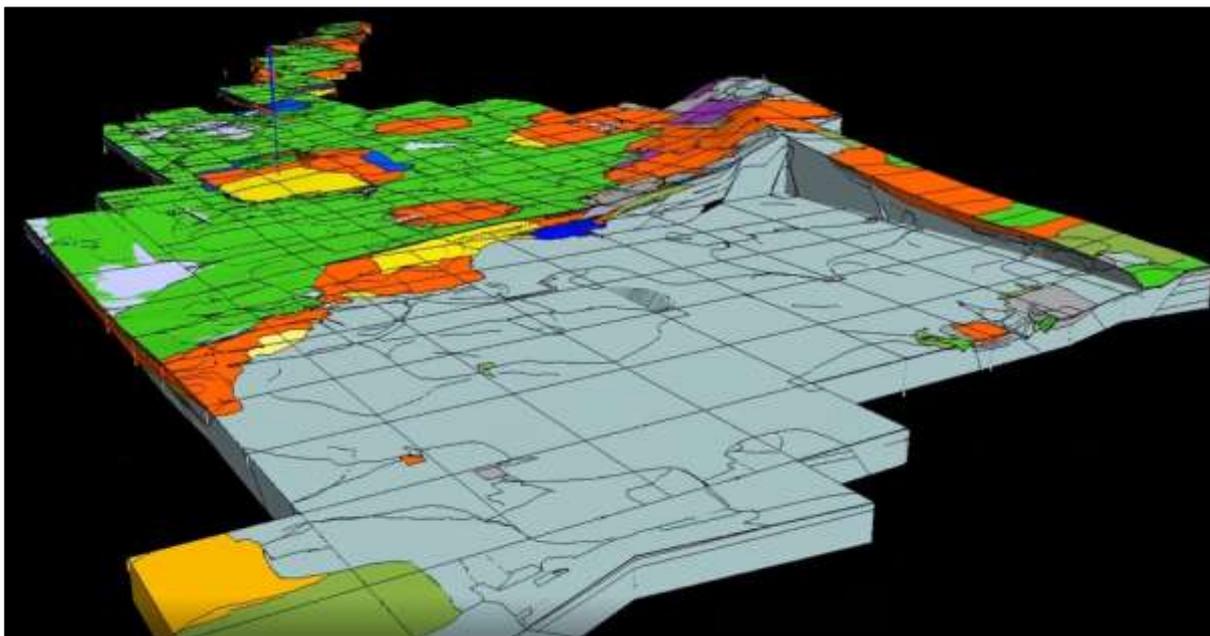


Рис. 5. Модель с вырезом по отметке

Одно из главных преимуществ, представляемое при использовании прямого *VIM* в проектировании – это минимизация трудозатрат. Автоматизация процессов в работе позволяет избежать выполнения монотонных операций вручную, что ускоряет процесс разработки проектной документации, также уменьшает вероятность допуска ошибок и экономит главный ресурс, используемый в любой деятельности человека, – время.



Рис. 6. Автоматический выпуск чертежей геологических колонок

В этой статье мы рассмотрели факторы, которые затрудняют полный переход на *VIM*. Главное – *VIM* должен быть прямым, т. е. сначала моделируется объект, а из него – чертежи. Обратный же *VIM*, когда по разработанным чертежам формируется информационная модель, только увеличивает трудозатраты и не несёт экономической выгоды.

Конференции по *VIM*, как эта, позволяют популяризировать возможности российского программного обеспечения по моделированию линейных объектов.

Выражаю благодарность Сибирскому федеральному университету за наличие дисциплины в вузе по информационному моделированию, что решает кадровую проблему в подготовке специалистов по *VIM* в строительной сфере.

Также выражаю благодарность Андрею Александровичу Архипову, генеральному директору ПромстройНИИпроект, и главному инженеру проекта Илье Андреевичу Суворову за разрешение продемонстрировать материалы объекта на конференции.

Список источников

1. Кредо-Диалог. URL: credo-dialogue.ru.
2. Документация к модулям программной системы ТИМ КРЕДО. URL: credo-dialogue.ru/tsentr-zagruzki/dokumentatsiya.html.
3. Примеры ТИМ-проектов, выполненных в Кредо. URL: VIM.credo-dialogue.ru/primery-polzovatelej.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОДУЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BIM

М. А. Воронин, магистрант

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Модульное строительство становится всё более популярным подходом в жилищном строительстве благодаря его эффективности, сокращению сроков возведения и снижению затрат. Одним из ключевых аспектов, способствующих росту модульного строительства, является внедрение технологий автоматизации и цифровых инструментов, таких как информационное моделирование зданий. В данной работе будут выделены положительные стороны применения информационного моделирования в строительстве модульных зданий, а также описаны возможные методы автоматизации проектирования таких зданий с использованием BIM.

Ключевые слова: информационное моделирование зданий, модульные здания, автоматизация проектирования, модульное строительство, генетические алгоритмы

BIM (Building Information Modeling) – это всесторонний подход, который направлен на разработку, управление и использование цифровых моделей зданий и сооружений на всех этапах их строительства и эксплуатации. В отличие от обычных чертежей и планов, *BIM* предлагает 3D-модели, которые содержат не только геометрические данные (такие как форма, размер и расположение элементов), но и информацию о физических и функциональных характеристиках каждого компонента здания.

Основная цель *BIM* заключается в создании цифрового двойника здания, который включает всю необходимую информацию о проекте и может использоваться на всех этапах жизненного цикла объекта: от концептуального проектирования и строительства до эксплуатации, ремонта и сноса. Это помогает снизить риски и ошибки на каждом этапе проекта, а также значительно улучшить эффективность взаимодействия между всеми участниками процесса [1; 2].

Использование *BIM* в модульном строительстве даёт следующие преимущества.

1. Совместное управление проектами. *BIM* позволяет всем участникам проекта – заказчику, проектировщикам, подрядчикам и производителям модулей – работать с единой информационной моделью. Все данные в этой модели обновляются в режиме реального времени, что снижает вероятность ошибок и дублирования информации. Это улучшает координацию работы и повышает её эффективность [3].

2. Автоматизация проектирования зданий. *BIM* позволяет автоматизировать процесс проектирования модульных зданий, с помощью создания детальной 3D-модели модуля и его автоматической расстановки, с учётом

особенностей территории застройки и заданных параметров, таких как количество этажей, площадь здания и т. д. Также любое изменение модели динамически изменяет чертежи и спецификации, что снижает вероятность ошибок в документации и сокращает сроки её формирования.

3. Гибкость использования. *BIM* упрощает внесение изменений и адаптацию модульных компонентов, позволяя быстро реагировать на новые требования или изменения в проекте.

4. Управление жизненным циклом здания. *BIM* поддерживает мониторинг и управление зданием на всех этапах его жизненного цикла, от проектирования до эксплуатации, что облегчает техобслуживание и улучшает устойчивость здания.

5. Анализ данных. Инструменты *BIM* могут проводить анализ данных о производительности, стоимости и сроках, что помогает в принятии обоснованных решений на этапе проектирования.

Сам процесс автоматизации проектирования модульных зданий с использованием *BIM* включает в себя несколько ключевых этапов.

I. Создание шаблонов модулей.

На этом этапе используются инструменты *BIM* для создания параметрических моделей, которые могут включать стандартные блоки (модули). Эти шаблоны являются базовыми строительными единицами, которые включают в себя данные о размерах, материалах и стоимости. Программное обеспечение, такое как *Autodesk Revit*, *Graphisoft ArchiCAD* или *Bentley Systems*, позволяет создавать такие шаблоны с учётом требований строительных норм и стандартов.

Приведём некоторые варианты реализации шаблонов модуля.

1. Параметрические объекты. Модули проектируются как параметрические объекты, что означает, что их размеры и характеристики могут автоматически изменяться в зависимости от условий проекта. Например, шаблон для жилого модуля может быть адаптирован для разных этажей или конфигураций. Также в такой шаблон можно встраивать проверку на соответствие нормам, что позволит уменьшить количество ошибок в проекте и ускорит работу.

2. Библиотеки готовых шаблонов. В рамках проекта могут быть созданы библиотеки типовых модулей, включая жилые блоки, санузлы, кухни и технические помещения. Эти библиотеки могут использоваться повторно, что значительно ускоряет процесс проектирования.

II. Генерация вариантов компоновки.

Для автоматизации компоновки модулей используются алгоритмы оптимизации и нейронные сети. Такие технологии как генетические алгоритмы, алгоритмы роя частиц и машинное обучение позволяют анализировать различные конфигурации и выбирать оптимальные решения. Платформы *BIM*, такие как *Autodesk Dynamo* или *Rhino with Grasshopper*, предоставляют инструменты для программирования параметрических схем и создания различных сценариев.

Приведём возможное применение таких алгоритмов.

1. Автоматическая расстановка модулей. Системы могут генерировать несколько вариантов компоновки модулей в зависимости от заданных параметров, таких как количество этажей, площадь, уровень инсоляции помещений. Это снижает необходимость ручной работы и позволяет быстро получить несколько оптимальных решений.

2. Оптимизация пространства. Программное обеспечение может анализировать наиболее эффективные компоновки, чтобы минимизировать использование материалов и уменьшить строительные расходы.

3. Учёт специфики местоположения. Системы могут учитывать ограничения участка строительства, такие как ориентация здания, рельеф местности и расположение наружных инженерных сетей.

4. Интеграция с нормативными базами данных. Алгоритмы могут автоматически проверять соответствие сгенерированных вариантов компоновки существующим строительным нормам и правилам, таким как пожарная безопасность, минимальные размеры помещений или требования по энергоэффективности. Это ускоряет процесс согласования проектов и уменьшает вероятность ошибок на ранних этапах проектирования.

III. Автоматическое создание документации.

После утверждения оптимальной компоновки *BIM*-системы автоматически генерируют все необходимые чертежи, спецификации материалов и другие документы. Такие инструменты, как *Autodesk Revit*, *Tekla Structures* и *Bentley OpenBuildings*, поддерживают автоматическую генерацию документации.

Приведём возможности ПО в области автоматического создания документации.

1. Генерация чертежей и планов. *BIM*-системы автоматически создают архитектурные чертежи, планы этажей, разрезы и виды с привязкой к реальной модели. Это уменьшает вероятность ошибок и ускоряет процесс подготовки документации.

2. Создание спецификаций материалов. На основании *BIM*-модели система автоматически генерирует спецификации по материалам и элементам, включая их типы, количество и стоимость.

3. Документация для производства. Система создаёт чертежи для каждого отдельного модуля, включая детали для заводского производства. Это позволяет производителю точно следовать проекту.

IV. Использование 4D- и 5D-проектирования.

Автоматизация проектирования с использованием 4D- и 5D-проектирования в *BIM*-среде значительно повышает эффективность и точность управления строительными проектами. 4D-проектирование добавляет временные параметры к 3D-моделям, что позволяет интегрировать графики выполнения работ с визуализацией конструкции. Это помогает отслеживать прогресс, моделировать различные сценарии и предотвращать задержки. В свою очередь, 5D-проектирование включает информацию о стоимости, автоматизируя расчёты смет и финансовый контроль. Это по-

звоняет быстро обновлять бюджет при внесении изменений, оптимизировать затраты и генерировать финансовые отчёты.

Программные продукты для 4D- и 5D-проектирования в BIM-среде включают различные решения, позволяющие интегрировать временные и финансовые параметры с трёхмерными моделями. *Navisworks*, *Synchro* и *Primavera P6* специализированы на 4D-проектировании и позволяют строить графики работ, а так же отслеживать ход их выполнения. Программные продукты *CostX*, Смета ABC и 5D-смета автоматизируют расчёт смет и управление затратами в формате 5D.

Проанализировав методы автоматизации проектирования модульных зданий с использованием BIM, можно сказать, что это направление является перспективным в строительной отрасли. Она позволяет значительно сократить сроки проектирования, улучшить точность и качество проектов, а также снизить затраты на их реализацию. В условиях роста урбанизации и увеличения спроса на жильё модульное строительство с применением BIM станет важным инструментом для решения жилищных проблем.

Список источников

1. Aish R. Building Modelling: the Key to Integrated Construction CAD // CIB 5th International Symposium on the Use of Computers for Environmental Engineering Related to Buildings. 1986.

2. International Organization for Standardization. ISO 19 650: Organization and Digitization of Information about Buildings and Civil Engineering Works, including Building Information Modeling (BIM). 2018.

3. Bloch T. Comparing Machine Learning and Rule-based Inferencing for Semantic Enrichment of BIM Models / T. Bloch, R. Sacks // Automation in Construction. 2018. No. 91. Pp. 256–272.

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ РАСЧЁТА И ОСОБЕННОСТИ УЧЁТА ПОТЕРИ МЕСТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТОНКОСТЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ

А. А. Гаврилов, магистрант

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В статье рассматривается проблема применимости классических теорий строительной механики к тонкостенным металлическим профилям, а также классические теории расчётов тонкостенных конструкций, их модификации и современные подходы. Акцент делается на проблеме потери местной устойчивости, что подчёркивает необходимость разработки новых методов расчёта для определения критических нагрузок и несущей способности сжатых стержней.

Ключевые слова: тонкостенные металлические профили, местная устойчивость, полусдвиговая теория, напряжённо-деформированное состояние, редуцированное сечение, депланация сечения

В исследованиях поведения конструкций из тонкостенных металлических профилей с точки зрения строительной механики было установлено, что классическая теория балок Я. Бернулли и Л. Эйлера не может быть применена в полной мере, при изгибе стержня поперечные сечения остаются плоскими и перпендикулярными его оси до и после деформации. В гипотезе, предложенная С. П. Тимошенко, которая отличается от гипотез Эйлера – Бернулли. Согласно этой гипотезе, плоское поперечное сечение балки при изгибе поворачивается не только из-за изгиба её оси, но и из-за поворота самого сечения относительно этой оси [1]. В случае с тонкостенными профилями деформация может привести к заметному искажению поперечного сечения профиля.

В 1930-х гг. было совершено одно из значимых открытий в области инженерии благодаря выдающемуся советскому учёному В. З. Власову – разработана теория тонкостенных стержней открытого сечения, которая не предполагает сдвигов [2]. Теория, предложенная Власовым, стала основой для полного решения задачи об определении изгибно-крутильной формы потери устойчивости и колебаниях тонкостенных упругих стержней.

В. З. Власов разработал и усовершенствовал методы расчёта стержневых систем, которые используются в различных областях строительства и машиностроения. Среди них – методы расчёта стержней с упругими и жёсткими связями, а также методы расчёта стержней с поперечными связями. Его исследования имеют широкое применение в области определения несущей способности тонкостенных профилей.

Однако данная теория имеет некоторые ограничения. Одно из них заключается в том, что гипотеза теории предполагает жёсткую форму поперечного сечения профиля, поэтому она не учитывает потерю местной устойчивости.

В тот же период была разработана теория тонкостенных стержней закрытого профиля А. А. Уманского. В данной теории предполагается, что изменения положения точек стержня в продольном направлении из-за депланации связаны с перемещениями точек стержня при свободном кручении [3]. В основе теорий Власова и Уманского лежат близкие предположения. Это определяет рамки их применимости, за пределами которых погрешность расчётов становится слишком большой. Эти предположения стали отправной точкой для развития методов расчёта тонкостенных конструкций, над которыми работали многие советские и российские учёные.

В 2005 г. В. И. Сливкером [4] было предложено изложение бесдвиговой теории Власова и собственная полусдвиговая теория тонкостенных стержней. В данной теории изучается часть деформаций сдвига, которые образуются в центральной области поверхности стенок стержней под влиянием секториального крутящего момента. В связи с тем, что уравнения Сливкера и Уманского имеют схожие характеристики, можно использовать общий алгоритм для расчёта тонкостенных профилей открытого, замкнутого и многоконтурного сечения, которые функционируют как единая система.

В контексте исследования проблемы применимости полусдвиговой теории В. И. Сливкера для анализа НДС (напряжённо-деформированного состояния) систем тонкостенных стержней [5] подчёркивается, что современные аналитические подходы к расчёту тонкостенных элементов отличаются высокой сложностью, а в некоторых случаях их применение становится невозможным. На данный момент не существует численных методов расчёта по полусдвиговой теории.

В рамках исследования напряжённо-деформированного состояния в закритической стадии сжатых неидеальных тонкостенных стержней были сформулированы основные положения. Эти положения базируются на работах советских учёных И. Б. Ефимова и А. В. Ильяшенко. Для изучения закритического поведения стержней была применена концепция редукиции сечения. Стержни рассматривались как совокупность совместно работающих элементов – пластинок с начальным прогибом. Было проведено множество экспериментов по нагружению различных типов сечений при разных условиях приложения нагрузки.

В ходе исследований учёных И. Б. Ефимова и А. В. Ильяшенко была разработана новая методика для определения критических нагрузок, которые могут привести к потере местной устойчивости тонкостенных сжатых стержней. Эта методика также позволяет определить размеры редуцированных поперечных сечений тонкостенных стержней как при центральном, так и при внецентренном сжатии в закритической стадии.

Кроме того, была создана методика оценки несущей способности профилей с ослабленным эффективным сечением. Впервые было проведено исследование влияния начальных местных прогибов в профилях на их несущую способность.

В дополнение к классическим факторам, характеризующим деформацию стержней, специфика тонкостенных стержней, рассматриваемых как пространственные системы типа оболочек, включает в себя следующие аспекты. Дополнительные продольные напряжения: в результате относительной депланации тонкостенных стержней открытого профиля могут возникать дополнительные продольные нормальные напряжения. Эти напряжения могут быть пропорциональными деформациям, происходящим в каждом поперечном сечении стержня.

Депланация сечения может привести к возникновению бимоента, который является силовым фактором, связанным с выходом поперечного сечения из плоскости. Этот бимомент может дополнительно влиять на напряжения в стержне и усугублять эффекты депланации. Эти дополнительные факторы могут оказывать существенное влияние на поведение тонкостенных стержней при депланации и требуют учёта при проведении анализа и расчётов конструкций. Они подчеркивают необходимость применения более сложных методов анализа для более точного моделирования поведения тонкостенных стержней. Депланация сечения – это явление деформации, при котором поперечное сечение выходит из плоскости, соответствующей действующему силовому моменту, такому как бимомент.

В существующей нормативной базе есть некоторые проблемы. В частности, она не учитывает достаточное количество возможных элементов конструкций и их сечений, расчётных ситуаций. Также возникают сложности при определении параметров редуцированных сечений. Кроме того, в нормативной базе отсутствует информация о расчётных длинах, расчёте эксцентриситетов и соединений.

Специалистами из Польши [6] была проведена работа по проведению численного анализа в ПК *Aisys* и экспериментальных исследований поведения сжатых металлических тонкостенных колонн швеллерного сечения. Были установлены зависимости значений несущей способности и критической силы, соответствующей потере местной устойчивости, которые подтверждают, что на прочность от сжимающей силы положительно влияет увеличение площади поперечного сечения и отрицательно влияет увеличение свободной длины. Однако, для некоторого разработанного в ходе работы усовершенствованного сечения (рис. 1), значение критической силы возросло при увеличении свободной длины колонны.

Другими зарубежными специалистами [7] было изучено поведение сжатых тонкостенных профилей из композитного материала – армированного углепластика. Схоже с поведением металла, композитные профили проявили свойство сохранять несущую способность в закритической стадии – после начала потери местной устойчивости. В ходе численных и экспериментальных исследований специалисты обнаружили, что сечение

с дополнительными короткими стенками (рис. 2) выдерживает сжимающую нагрузку почти в 2 раза эффективнее других сечений с примерно равной площадью сечения.

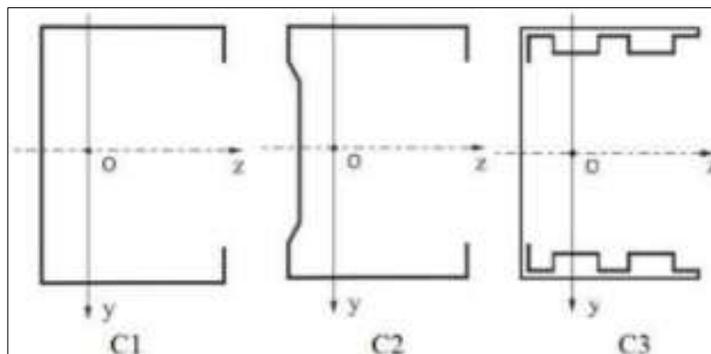


Рис. 1. Стандартные (C1, C2) и усовершенствованное (C3) сечения

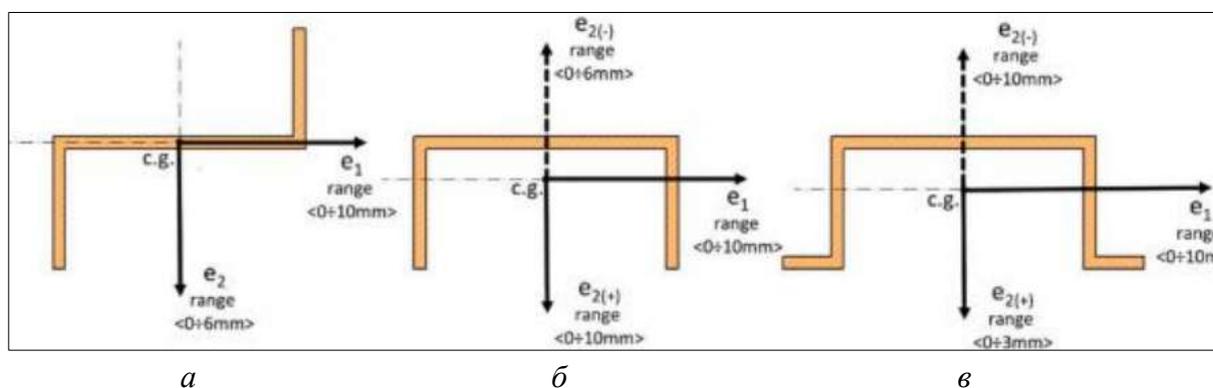


Рис. 2. Обычные формы сечения тонкостенных профилей (а, б) и сечение с дополнительными короткими стенками (в)

Дополнительно было установлено, что при смещении точки приложения сжимающего усилия от центра тяжести в сторону дополнительных коротких стенок эффективность работы такого сечения профиля увеличивается до 45 %.

В процессе исследования тонкостенных профилей необходимо удостовериться в правильности выбранных методов, сопоставляя результаты численных расчётов с данными экспериментов.

Отмечается эффективность применения численных методов для анализа и проектирования тонкостенных конструкций из стальных профилей. При этом подчёркивается необходимость разработки универсального и точного метода.

Список источников

1. Timoshenko S. P. On the Correction Factor for Shear of the Differential Equation for Transverse Vibrations of Bars of Uniform Cross-section // Philosophical Magazine. 1921. P. 744.

2. Власов В. 3. Тонкостенные упругие стержни. М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит-ры, 1959. 568 с.

3. Уманский А. А. Изгиб и кручение тонкостенных авиационных конструкций. М.: Оборониздат, 1939. 112 с.

4. Сливкер В. И. Строительная механика. Вариационные основы. М.: АСВ, 2005. 736 с.

5. Рыбаков В. А. Применение полусдвиговой теории В. И. Сливкера для анализа напряжённо-деформированного состояния систем тонкостенных стержней: автореф. дисс. канд. техн. наук. СПб., 2012. 22 с.

6. Pawlak A. Analysis of Strength and Resistance to Loss of Stability of Thin-walled Channel Columns with Non-standard Cross-sectional Shape / A. Pawlak, P. Paczos. 2024.

7. Debski H. Experimental Study on the Effect of Eccentric Compressive Load on the Stability and Load-carrying Capacity of Thin-walled Composite Profiles / H. Debski, P. Rozylo, P. Wysmulski et al. // Composites Part B. 226. 2021.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ
СОВРЕМЕННОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ
В ВОЗВЕДЕНИИ МОДУЛЬНЫХ ЗДАНИЙ СКЛАДСКОГО ТИПА
С РАСКЛАДЫВАЮЩИМСЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ КАРКАСОМ
В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ
И УДАЛЁННЫХ РАЙОНАХ СТРОИТЕЛЬСТВА**

С. В. Григорьев, канд. техн. наук, доцент;

А. Ю. Люблинская, магистрант

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Цель исследования – рассмотреть и подтвердить потребность современной строительной отрасли в возведении модульных зданий складского типа с раскладываемым пространственным каркасом в сельской местности и удалённых районах строительства. В рамках исследования проведен сбор и анализ статистических данных для прогнозирования потребности в возведении модульных зданий складского типа с раскладываемым пространственным каркасом в сельской местности и удалённых районах строительства.

Ключевые слова: *складываемый каркас здания, модульные здания, металлические каркасы, стратегия, развитие*

Современная строительная индустрия переживает период активного развития, опираясь на сложные аналитические инструменты и массив статистических данных прошлых лет. Прогнозирование будущих направлений строительства, основанное на глубоком анализе рыночной конъюнктуры, демографических показателей и инфраструктурного развития, является ключевым фактором успешного планирования. В центре внимания находится не только масштаб строительства, но и оптимизация территориального распределения строительных ресурсов и мощностей. Это включает в себя оценку доступности транспортных артерий, наличия квалифицированной рабочей силы, уровня обеспеченности энергоресурсами и строительными материалами в разных регионах. Однако, простое увеличение показателей – это лишь часть картины. Критическим фактором является адаптация строительных технологий к специфическим условиям удалённых территорий. Здесь необходимо учитывать ограниченную доступность ресурсов, более сложные логистические схемы, а также учет особенностей местного климата и геологических условий. Кроме того, строительство в сельской местности часто сопряжено с необходимостью развития сопутствующей инфраструктуры – дорог, энергоснабжения, систем водоснабжения и канализации.

Согласно данным Росстата (табл. 1) [1] наблюдается устойчивая тенденция к увеличению объёмов строительных работ во всех сегментах. Это связано с несколькими факторами: рост населения, необходимость модернизации существующих объектов, в частности – дооснащение объектов новыми зданиями и сооружениями. Кроме того, в условиях урбанизации и миграции населения в городские центры, строительство в сельской местности (табл. 2) [2] становится не только актуальным, но и стратегически важным. Это позволяет не только сохранить население в этих районах, но и привлечь новых жителей, предлагая им комфортные условия для жизни и работы. Важную роль в этом процессе играет развитие промышленных комплексов и предприятий с возможностью быстрого возведения зданий.

Более детальный анализ требует рассмотрения региональных специфик. Например, в северных регионах акцент будет сделан на энергоэффективных технологиях и материалах, способных выдерживать экстремальные температуры. В южных – на решениях, защищающих от высоких температур и высокой влажности. Поэтому для эффективного планирования необходимо проводить глубокие исследования каждого конкретного региона, учитывая все его особенности и потенциальные риски. Только такой комплексный подход позволит обеспечить устойчивое и эффективное развитие строительной отрасли в сельской местности и удалённых районах. В перспективе это приведёт к более равномерному распределению населения по территории страны, созданию новых рабочих мест и улучшению качества жизни в сельских районах.

Таблица 1

Статистические данные введения в действия зданий

Год	2000	2010	2020	2021	2022
Количество зданий (тыс.)	119,7	216,5	326,7	403,1	434,1
Общий строительный объём зданий (млн м ³)	172,4	397,4	630,2	664,6	695,4
Общая площадь зданий (млн м ²)	44,7	91,5	143,4	148,4	160,2

Таблица 2

Статистические данные введения в действие зданий за январь – июнь 2024 г.

Здания	Количество (ед.)	Общая площадь (тыс. м ²)
Всего	283 872	74 895,4
Нежилые, в т. ч.	7 710	12 812,5
промышленного назначения	1 175	2 658,5
сельскохозяйственные	983	1 480,6
коммерческие	2 890	3 908,0

В соответствии с Распоряжением Правительства РФ № 3 268-р от 31.10.2022 «Об утверждении Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства РФ на период до 2030 г. с прогнозом до 2035 г.» [3], развитие строительства в сельской местности напрямую поддерживается государством. Это приводит к дополнительному финансированию со стороны государственного сектора, а также вложений в сельское строительство частных инвестиций с применением уменьшения налоговой нагрузки для предприятий, разворачивающих строительные мощности в данной местности. Аналогичная ситуация складывается и в удалённых районах строительства, таких как Крайний Север.

Учитывая данные финансовые вложения, современное строительство испытывает острую потребность в технологиях, обеспечивающих быстроту и эффективность возведения зданий.

Ключевым направлением становится использование быстровозводимых конструкций, преимущественно из готовых блоков и узлов, изготовленных на заводе, с транспортировкой на строительную площадку в собранном виде и установкой в проектное положение непосредственно из транспортного состояния. Это позволяет минимизировать трудозатраты на строительной площадке и сократить сроки строительства. Оптимальным решением для транспортировки таких элементов является автомобильный транспорт, что существенно снижает логистические затраты по сравнению с использованием специализированной техники.

В современном строительстве, особенно в сфере быстровозводимых зданий, активно развивается направление модульного строительства. Однако, несмотря на очевидные преимущества – скорость возведения, экономичность и гибкость планировки – широкое распространение модульных зданий сдерживается ограниченным разнообразием конструктивных решений. В частности, недостаточно разработаны и применяются системы с изменяемой геометрией, способные адаптироваться к меняющимся потребностям заказчика. Среди перспективных направлений, отличающихся инновационным подходом, заслуживает особого внимания разработка модульных складских зданий на основе раскладывающегося пространственного каркаса. Эта технология предполагает использование предварительно изготовленных модулей, соединенных между собой в уникальную систему, способную изменять свою конфигурацию. В отличие от традиционных модульных зданий, где планировка фиксирована, раскладывающийся каркас позволяет динамически увеличивать или уменьшать площадь склада, добавлять или убирать секции в зависимости от изменения потребностей бизнеса. Такая система может быть реализована с использованием различных материалов, например, стали, алюминия или композитов, что позволяет оптимизировать конструкцию под конкретные условия эксплуатации и климатические особенности региона. Кроме того, необходимо учитывать вопросы устойчивости и сейсмостойкости конструкции в различных конфигурациях. В настоящее время проведение всесторонних исследований и испытаний подобных конструкций является крайне важным для оценки

их долговечности, надёжности и экономической эффективности. Разработка эффективных алгоритмов автоматизации процесса проектирования, а также совершенствование используемых материалов, являются ключевыми факторами для успешного развития этого перспективного направления.

Анализируя результаты, полученные в ходе проведенного исследования, можно заключить, что самым оптимальным путем развития строительства в сельской местности и удаленных районах является разработка пространственных каркасов из готовых блоков и узлов, изготовленных на заводе, с транспортировкой на строительную площадку в собранном виде и установкой в проектное положение непосредственно из транспортного состояния.

Список источников

1. Российский статистический ежегодник – 2023 / Росстат. М., 2023. 704 с.
2. Ввод в действие зданий жилого и нежилого назначения в РФ. URL: rosstat.gov.ru/storage/mediabank/vv-mosh-oper-2kv-2024.xlsx.
3. Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства РФ на период до 2030 г. с прогнозом до 2035 г.: утв. Распоряжением Правительства РФ № 3 268-р от 31.10.2022. URL: static.government.ru/media/files/AdmXczBBUGfGNM8tz16r7RkQcsgLam.pdf.

ПРИМЕНЕНИЕ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Н. В. Дьяченко, студент

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. В данной статье рассматривается применение технологии наземного лазерного сканирования (далее – НЛС) для повышения эффективности планирования и организации строительных работ. Анализ литературы и практических примеров показал, что НЛС обеспечивает создание высокоточных 3D-моделей объектов, оптимизацию логистических процессов, раннее выявление потенциальных проблем и препятствий, а также точный расчёт необходимых материалов. Результаты исследования демонстрируют, что использование НЛС существенно улучшает эффективность строительных процессов и управление проектами.

Ключевые слова: наземное лазерное сканирование, планирование работ, прогнозирование рисков, организация строительства, цифровизация строительства

Введение. В современном строительстве всё чаще заметна тенденция к повышению точности выполняемых работ и более рациональному использованию времени и ресурсов. ЛС является ключевой технологией среди тех, которые помогают в реализации данных задач. Эта методика выделяется из-за своей детализированной точности в сборе данных, что делает её незаменимой при подготовке и планировании строительных проектов.

ЛС имеет широкое применение: от строительства и дорожной инфраструктуры до архитектурных и энергетических проектов, а также в нефтегазовом секторе. Особенно полезной эта технология оказывается на сложных объектах с высокой технологической насыщенностью. По сравнению с традиционными методами геодезии и геодезическими инструментами, ЛС позволяет значительно сократить затраты времени, труда и ресурсов, становясь всё более популярным среди специалистов, занимающихся реализацией сложных проектов [1].

Принцип работы НЛС. НЛС является современным подходом к получению высокоточной трехмерной модели физического объекта или окружающего пространства. Принцип действия включает отражение лазерного луча от объекта, с последующим измерением периода, за который луч возвращается к сканеру (рис. 1). Далее полученные данные преобразуются в облачные точки (облако точек), формирующие подробную трёхмерную модель. Уже после этого с помощью специализированного программного обеспечения эти точки можно адаптировать к нужной системе координат [2].

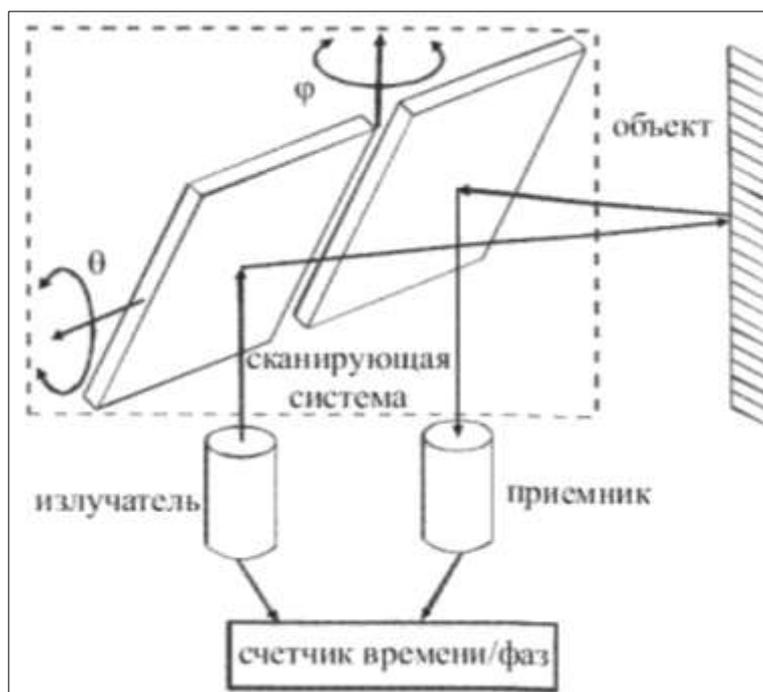


Рис. 1. Принцип работы ЛС

Благодаря этому данная технология не только упрощает процесс проектирования за счёт детализированных моделей, но и также позволяет выявлять потенциальные проблемы заранее. Такие детализированные данные, полученные с помощью этой технологии, используются специалистами для создания точных моделей будущих объектов, что существенно облегчает процесс планирования строительства, а также минимизирует все последующие риски непредвиденных ситуаций [3].

Эффективность НЛС не ограничивается только начальной фазой проекта. С его помощью также можно отслеживать и прогресс строительства, обеспечивая при этом дополнительный уровень контроля и позволяя эффективно управлять ресурсами [4].

Таким образом, использование данной технологии позволяет планировать работы и прогнозировать возможные риски, что, в свою очередь, способствует оптимизации затрат и сокращению сроков строительства.

Планирование работ. Высокоточная трёхмерная визуализация объекта, созданная с использованием НЛС, способна предоставлять полную информацию о геометрических параметрах и пространственном расположении всех элементов конструкции, что позволяет заблаговременно оптимизировать логистические процессы на строительной площадке, провести точные расчеты необходимых материальных и трудовых ресурсов, а также выявить потенциальные проблемные участки.

Особую ценность технология НЛС представляет при работе с существующими объектами, подлежащими реконструкции или техническому перевооружению. В этих случаях формирование детальной 3D-модели на основе данных ЛС становится одним из важных этапов при планировании, обеспечивая при этом проектировщиков и строителей информацией о текущем состоянии объекта (рис. 2) [5].

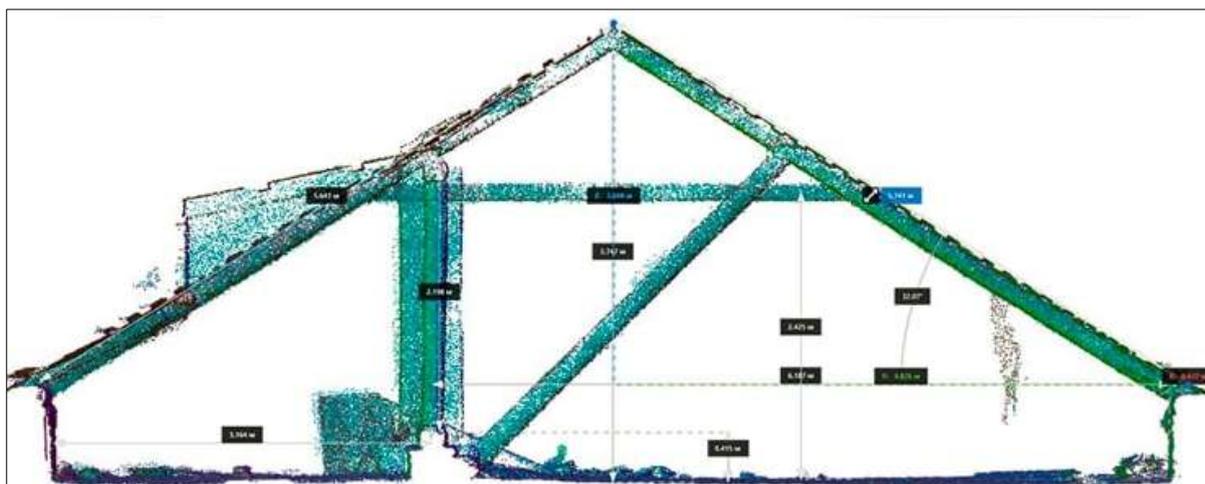


Рис. 2. Модель стропильной системы и кровли здания, находящегося в аварийном состоянии

Использование 3D-моделей, полученных благодаря НЛС, существенно упрощает процесс координации различных аспектов строительного проекта. Полученные цифровые модели позволяют оптимизировать размещение и даже перемещение всех ресурсов на строительной площадке. Дополнительно на основе модели объекта, в т. ч. и всей строительной площадки, можно разработать наиболее эффективные маршруты для техники и оборудования, а также заранее оценить возможные сложности с доступом к отдельным участкам объекта.

Стоит отметить, что одним из немаловажных преимуществ использования НЛС в проектах является именно улучшение управления изменениями в процессе их реализации. Неизбежные корректировки, связанные с поставками материалов, техническими проблемами или иными непредвиденными обстоятельствами, требуют оперативного реагирования и внесения изменений в план работ. В этом контексте полученные благодаря НЛС точные 3D-модели также становятся незаменимым инструментом для визуализации потенциального влияния этих изменений на проект в целом, что уже в дальнейшем приводит к оперативной корректировке планов.

Прогнозирование рисков. Одна из основных задач при реализации строительного проекта – прогнозирование и сокращение рисков. В этом контексте технология НЛС может предоставлять подробную информацию об условиях рабочего пространства и потенциальных препятствиях ещё на ранних этапах проектирования. Так, например, применение НЛС позволяет строительным компаниям выявлять скрытые угрозы, такие как нестабильные конструкции (рис. 3), неучтенные подземные коммуникации и другие объекты, способные создать сложности в ходе строительства [4; 6]. Более того, анализ данных НЛС дает возможность заранее прогнозировать технические проблемы и потенциальные задержки, связанные с особенностями местности или объекта строительства, что, в свою очередь, позволяет заблаговременно адаптировать строительный процесс и избежать дорогостоящих простоев.

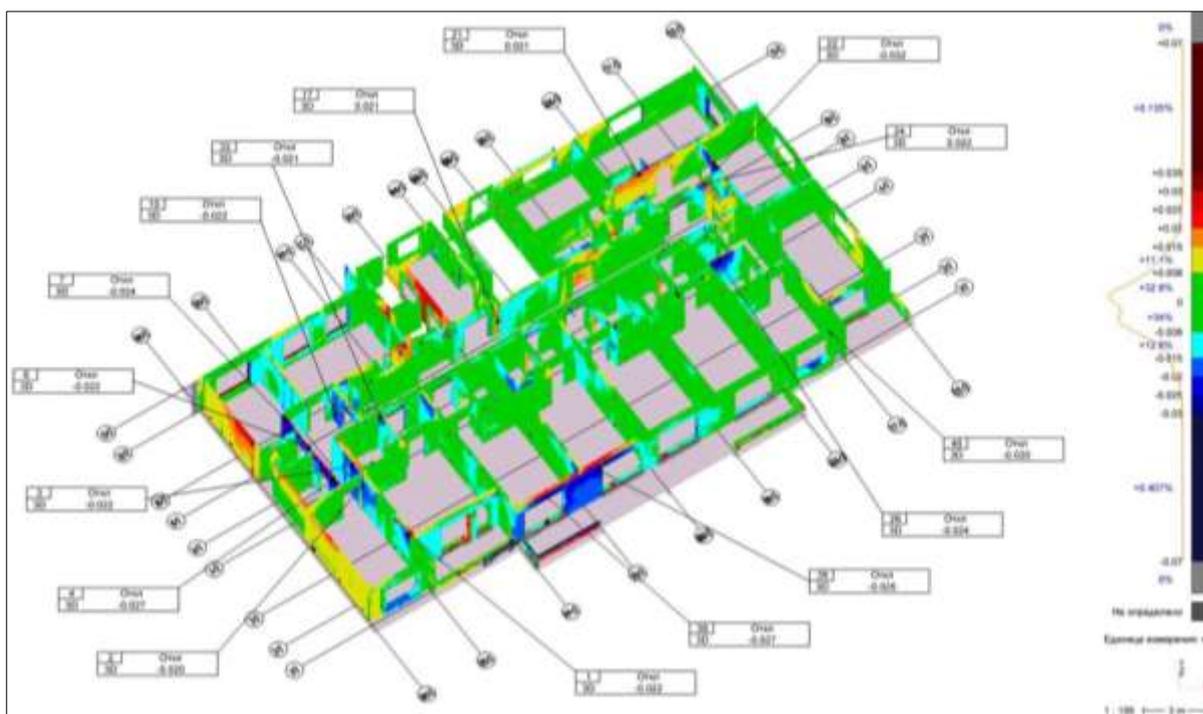


Рис. 3. Выявленные отклонения железобетонных стен строящегося здания

В случаях, когда уже необходимо работать с уже существующими сооружениями, как, например, реконструкции или же при присоединении новых элементов к старым, НЛС также способно давать полное понимание всего объема работы. С помощью сканирования могут быть получены точные данные о деталях и размерах существующих структур, позволяя архитекторам и инженерам более эффективно совмещать уже существующие конструкции с проектируемыми. Всё это даёт не только исключить ошибки, связанные с неточной информацией о предыдущих строительных работах, но и в дальнейшем оптимизировать процесс работ [5; 7].

Дополнительно к этому стоит выделить, что применение НЛС также способно значительно уменьшать влияние человеческого фактора в процессе оценки рисков, что впоследствии приводит к повышению общего уровня безопасности на строительных объектах.

Оптимизация затрат. Ещё одно из ключевых преимуществ использования НЛС выражается в оптимизации расходов строительных материалов. Это достигается благодаря высокоточным измерениям, которые в свою очередь позволяют в дальнейшем избежать избыточных закупок материалов. Такой подход не только сокращает финансовые издержки, но и способствует более рациональному и экологичному использованию ресурсов.

Немаловажным аспектом применения НЛС также является возможность рационального использования рабочего времени, позволяя сократить его ненужное расходование. Происходит это за счет точного планирования работ и возможности прогнозирования сроков их исполнения. В конечном результате внедрение технологии НЛС способствует значительному сокращению временных и финансовых затрат на всех этапах реализации

строительного проекта. Отсюда следует, что НЛС становится незаменимым инструментом для тех, кто стремится к повышению эффективности и оптимизации расходов строительных процессов.

Сокращение сроков строительства. В отличие от традиционных методов, таких как, например, ручная топографическая съёмка, которые зачастую трудоемки и подвержены погрешностям, НЛС позволяет автоматизировать процесс сбора информации о геометрии и расположении объектов, что значительно ускоряет этап планирования и проектирования [1].

Немаловажный аспект применения НЛС – это возможность работы с данными в облачном формате. Такой подход обеспечивает мгновенный доступ к актуальной информации для всех участников строительного процесса, независимо от их местоположения, что, в свою очередь, существенно упрощает координацию работ и позволяет оперативно решать возникающие проблемы, минимизируя риск простоев из-за отсутствия необходимых сведений. Также дополнительно появляется и возможность принятия оперативных решений на основе полученных данных, т. к. вместо длительного ожидания результатов обработки и анализа информации традиционными методами специалисты могут принимать обоснованные решения, опираясь на свежие данные сканирования, находясь при этом непосредственно на строительной площадке.

Таким образом, применение технологии НЛС позволяет существенно оптимизировать весь цикл строительного процесса – от начального планирования до завершающих этапов строительства, что в конечном итоге приводит к значительному сокращению общих сроков реализации проекта.

Заключение. НЛС является тем инструментом, который предлагает новые перспективы для планирования и подготовки к строительству. Используя данную технологию, можно точно спланировать работы, прогнозировать риски, оптимизировать затраты и сократить сроки строительства, что в свою очередь приводит к увеличению производительности и доходности проектов.

Внедрение методов НЛС помогает уменьшить количество ошибок на этапе проектной деятельности и при эксплуатации зданий, а также повышает эффективность строительных процессов.

Список источников

1. Сарксян Л. Д. Особенности применения методов лазерного сканирования / Л. Д. Сарксян, А. А. Солодунов // Студенческие научные работы землеустроительного факультета: матер. междунар. НПК. Краснодар: КубГАУ им. И. Т. Трубилина, 2020. С. 123–127.

2. Матюнина Л. Д. Лазерное сканирование // Молодёжь и научно-технический прогресс: матер. междунар. НПК. Т. 1. Губкин: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2015. С. 319–322.

3. Ноздрин В. Н. Применение лазерного сканирования при построении 3D-моделей / В. Н. Ноздрин, И. Ю. Зыков // Высокие технологии в современной науке и технике: сб. тр. Т. 1. Томск: ТПУ, 2013. С. 343–345.

4. Федоров С. О. Применение наземного лазерного сканирования при контроле строительного-монтажных работ монолитного каркаса здания // Инновационные методы организации строительного производства: матер. 2-й всеросс. НПК. СПб.: СПбГАСУ, 2023. С. 208–214.

5. Богданов А. Н. Наземное лазерное сканирование в строительстве и BIM-технологиях / А. Н. Богданов, И. А. Алешутин // Известия КГАСУ. 2018. № 4 (46). С. 326–332.

6. Медведев Е. М. Состояние и перспективы развития воздушного и наземного лазерного сканирования в России / Е. М. Медведев, С. Р. Мельников, В. А. Середович // Гео-Сибирь. 2006. Т. 1. № 1. С. 19–28.

7. Азаров Б. Ф. Применение наземного лазерного сканирования для разработки проектной и исполнительной информационной модели строящегося здания / Б. Ф. Азаров, И. А. Филипченко // Ползуновский альманах. 2021. № 1. С. 11–13.

ОПТИМИЗАЦИЯ ДВУТАВРОВ ИЗ CLT-ПАНЕЛЕЙ ПО ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ ДЛЯ СБОРНОГО МАЛОЭТАЖНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ

Р. А. Кашлев, магистрант

Вологодский государственный университет, Вологда, Россия

Аннотация. В данной статье рассматривается двутавровая CLT-панель со сплошным ребром с точки зрения теплотехнических характеристик, а именно такие характеристики, как сопротивление теплопередачи, теплопроводность и тепловые потери через неоднородности.

Ключевые слова: *CLT-панель, сопротивление теплопередачи, тепловые потери, ПО Elcut*

Особый интерес представляют новые технические решения для композитных деревянных конструкций с использованием CLT. CLT-конструкции являются основой для прогрессивных технических и конструктивных решений узлов и соединений деревянных элементов при изготовлении древесно-композитных конструкций различного назначения. В то же время их свойства недостаточно изучены, и для их эффективного применения требуется определение основных физико-механических свойств материалов и разработка нормативной базы и научно обоснованных методик производства композитных деревянных конструкций. Поэтому важно проводить целенаправленные исследования в этом направлении.

Целью исследования является изучение свойств различных CLT-конструкций при использовании различных утеплителей и конструктивных решений.

Задачами исследования являются:

- 1) теплотехнический расчёт стены в соответствии со сводами правил (конструкция со средним ребром на всю высоту стены);
- 2) теплотехнический расчёт стены в ПО *Elcut*;
- 3) анализ полученных результатов;
- 4) подбор наилучшего варианта конструкции для различных регионов строительства (в данной статье рассматривается Вологда).

Научная новизна заключается в следующем:

– данная работа позволяет подобрать оптимальное решение для разных регионов строительства в зависимости от климатических условий и условий эксплуатации;

– комплексный подход к решению теплотехнических задач, т. е. сначала идёт теоретический расчёт в соответствии с СП, затем компьютерный и экспериментальный расчёт путём создания стенда – в итоге с опорой на все данные будет сделан выбор наилучшего конструктивного решения.

Теоретическая значимость данной работы заключается в том, что на основе данной работы могут быть разработаны нормативы для проектирования *CLT*-конструкций.

На данный момент мной был произведён теплотехнический расчёт стены из сборных *CLT*-конструкций, состоящих из двух трёхслойных панелей из массивных деревянных досок, которые скрепляются друг с другом с помощью клеенных деревянных элементов. Элементы заполняются теплоизоляцией на месте после монтажа. В качестве утеплителя используется пенополиуретан. Расчёт будет проводиться с использованием расчётного комплекса *Elcut* [5] для определения теплового потока. Теплотехнический расчёт будет проводиться с учетом неоднородностей стены в виде сплошного среднего ребра.

По приложению Т [1] определяем теплотехнические характеристики для хвойных пород древесины и утеплителя, такие как теплопроводность материалов в зависимости от условий эксплуатации конструкций.

По [3] определяем климатические показатели условий строительства, такие как продолжительность суток, средняя температура воздуха, градусо-сутки отопительного периода.

[4] используем для понимания общих механических свойств древесины вдоль и поперёк волокон.

Т. к. конструкция имеет неоднородность в виде среднего ребра, необходимо использовать [2] для получения корректных результатов.

Подбор необходимой толщины конструкции начинался со 150 мм, в качестве утеплителя выступал вспученный вермикулит, расчёт показал, что данный утеплитель является неэффективным.

Было принято решение в качестве утеплителя взять пенополиуретан плотностью $80 \text{ кг/м}^3 = 0,0041 \text{ Вт/м}^2 \times ^\circ\text{C}$.

В ходе расчёта по СП была определена конструкция *CLT*-панели для строительства в Вологде (рис. 1).

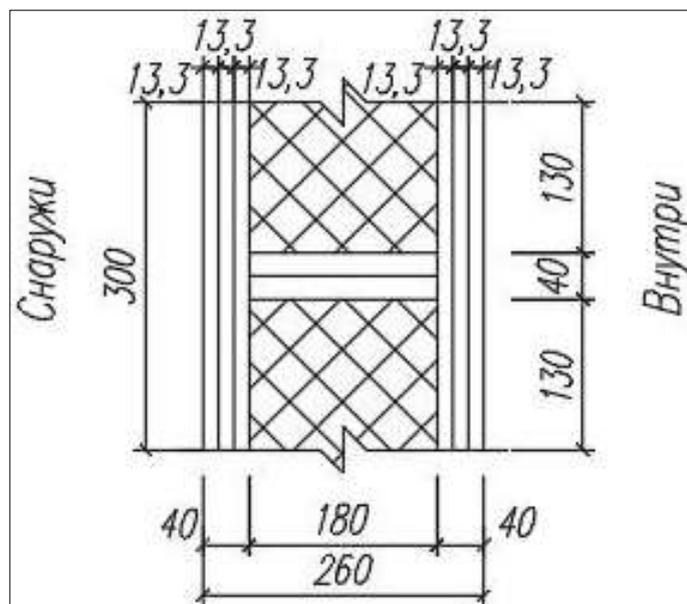


Рис. 1. Строение стены при толщине утеплителя 180 мм

Далее необходимо проверить данную конструкцию стены на теплотехнические потери в программе *Elcut*.

Результаты расчёта в ПО *Elcut* приведены на рис. 2.

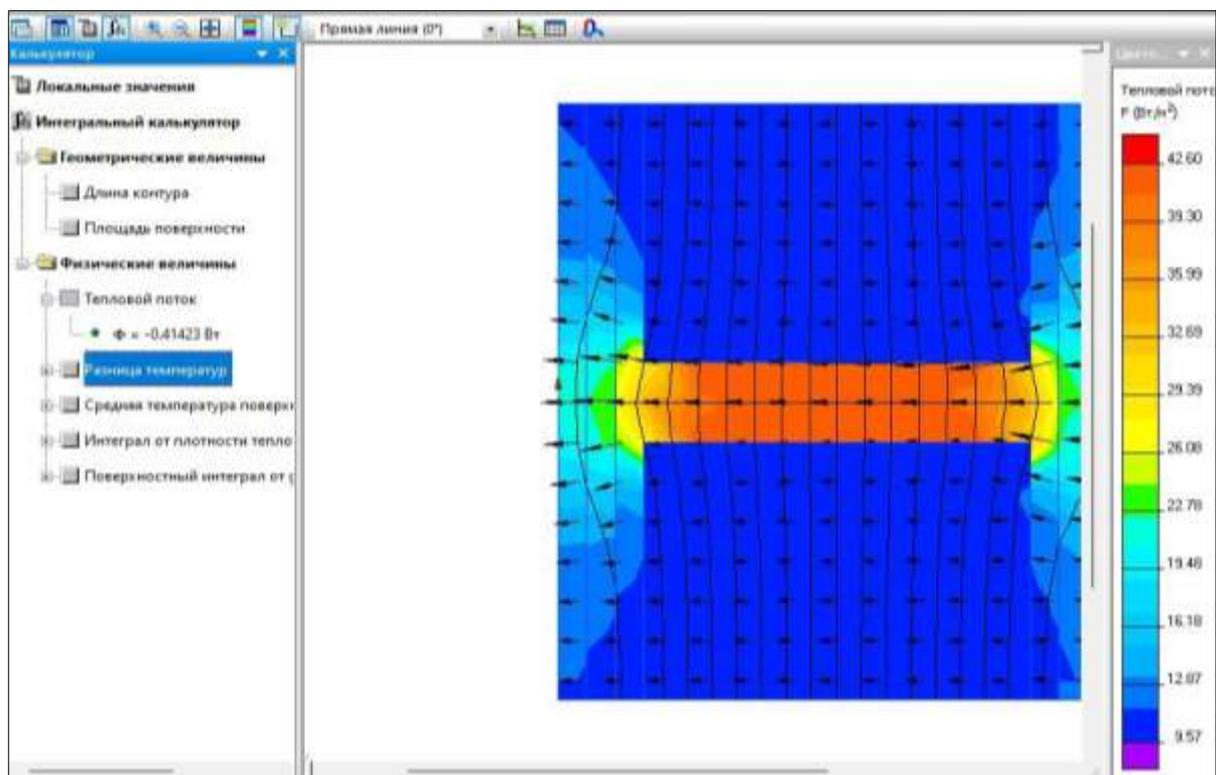


Рис. 2. Тепловой поток при толщине утеплителя 180 мм

Проанализировав результаты, полученные в программе *Elcut*, можно сделать вывод, что теплотехнические потери через неоднородность (сплошное ребро *CLT*-панели) при толщине элемента 180 мм являются удовлетворительными.

Конструкция прошла проверки при толщине утеплителя в 180 мм. Создавался мостик в холода в среднем ребре, но при выбранной толщине утеплителя итоговое сопротивление теплопередачи $R^{пр}$ было равно $3,627 \text{ м}^2 \times \text{°C}/\text{Вт}$ при нормативном значении $3,38 \text{ м}^2 \times \text{°C}/\text{Вт}$.

Список источников

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуал. ред. СНиП 23-02-2003. М.: НИИСФ РААСН, 2012. 100 с.
2. СП 230.1325800.2015. Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей. М.: ЦНИИСК, 2015. 72 с.
3. СП 131.13330.2020. Строительная климатология. Актуал. ред. СНиП 23-01-99. М.: НИИСФ РААСН, 2020. 108 с.
4. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Актуал. ред. СНиП II-25-80*. М.: ЦНИИСК, 2017. 105 с.
5. Мишичев А. И. Решение задач теплопроводности методом конечных элементов в САЕ-системе ELCUT: метод. указания / А. И. Мишичев, А. Е. Мартыянова. Астрахань: АГТУ, 2001. 39 с.

АНАЛИЗ ПЛАГИНОВ РАСЧЁТА ИНСОЛЯЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АРХИТЕКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ

А. А. Кизченко¹, студент;

А. В. Кудрин², BIM-менеджер;

А. А. Семенов¹, д-р техн. наук, профессор

¹Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия

²ООО «БИМПРО», Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены ключевые аспекты учёта солнечной радиации в строительстве и её влияние на комфорт и энергоэффективность жилых помещений. Описаны методы анализа, в т. ч. с использованием графиков солнечной радиации и солнечных карт, а также производится сравнение программных решений для Autodesk Revit, оцениваются их возможности и стоимость. Рассмотрены плагины Altec Systems Insulations, BimStep, Inpad, Citrus. Результаты исследования могут послужить основой для обсуждения создания пользовательских плагинов, которые объединят преимущества существующих решений для более эффективного анализа солнечной радиации.

Ключевые слова: информационное моделирование зданий, BIM, плагин, инсоляция, солнечная радиация, информационная модель, Autodesk Revit

В современных архитектурных проектах инсоляция становится одним из определяющих факторов, влияющих на комфортность и энергоэффективность эксплуатации зданий. Инсоляция, или солнечная радиация, определяет количество солнечного света, поступающего в помещения, и существенно воздействует на тепловые характеристики и энергетическую эффективность строений. Корректный учёт инсоляции на этапе проектирования помогает сократить затраты на кондиционирование и отопление, а также повысить качество естественного освещения [1–3].

С помощью ПО *Autodesk Revit*, одного из ведущих инструментов в области информационного моделирования зданий (BIM), предлагаются различные решения для анализа инсоляции. Эти решения включают специализированные плагины и функции, помогающие архитекторам и инженерам оценивать и оптимизировать инсоляцию зданий.

Важным является не только описание процедур расчёта инсоляции в *Revit*, но и оценка их эффективности, точности и области применения. В данном контексте важно рассмотреть как традиционные методы, так и современные программные решения, чтобы определить наилучшие подходы к расчёту инсоляции в архитектурных проектах [4].

Каждый из существующих подходов имеет свои особенности, позволяющие оценивать солнечное освещение определённого участка.

1. Метод инсоляционного графика. Это традиционный подход, основанный на использовании графиков, позволяющих проанализировать инсоляцию в зависимости от времени года и положения солнца. Данный метод представляет собой трудоёмкий ручной процесс, требующий значительных временных затрат.

2. Метод солнечной карты. Более современный подход, предоставляющий более точные данные, учитывающий специфическое местоположение проектируемого объекта и позволяющий автоматизировать процесс определения инсоляции [5].

Системы анализа инсоляции на основе солнечной карты становятся всё более популярными, т. к. они позволяют быстро и точно оценить параметры освещения.

В ПО *Revit* существует несколько решений, позволяющих производить расчёт инсоляции, каждое из которых имеет свои уникальные возможности и функции.

1. *Altec Systems Insulations* (далее – *ASI*) работает и как веб-сервис, и как плагин для *Revit*. Выполняет расчёт напрямую из *BIM*-модели, позволяет проверить коэффициент естественной освещённости (далее – КЕО) и инсоляцию для каждого окна. Интерфейс интуитивно понятный (рис. 1):

- не нужно настраивать точки для каждого проёма;
- экспорт модели из *Revit* выполняется через специальный плагин;
- инсоляция считается по местоположению, а КЕО – по коэффициентам;
- форма отчёта: расчёт в виде лучей и расчётных точек и таблица со всеми элементами.

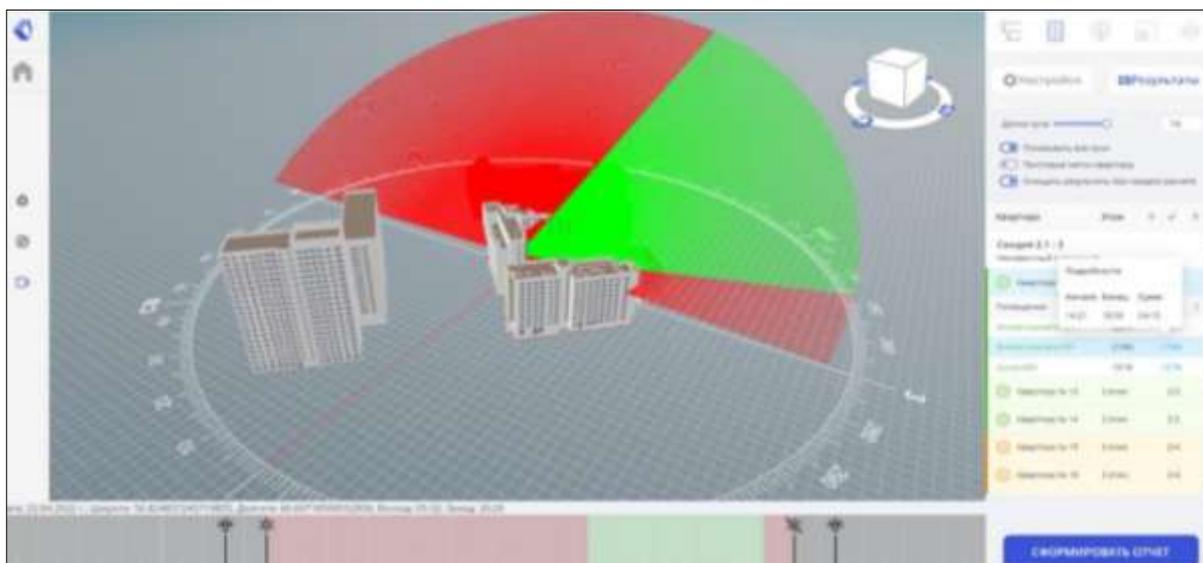


Рис. 1. Интерфейс *ASI* [2]

Это одно из наиболее востребованных решений на рынке, стоимость которого составляет около 180 тыс. руб./г. Основные преимущества: генерация отчётов, которые могут быть полезны для экспертизы, высокий уровень точности благодаря учёту множества факторов.

2. *BimStep*. Стоимость плагина составляет 7 тыс. руб./г. Он тоже часто используется проектировщиками и имеет следующие особенности:

- возможность расчёта инсоляции по квартирам (рис. 2);
- упрощение процесса объединения данных по определённым номерам квартир, что позволяет получить общую сумму инсоляции для спецификации.

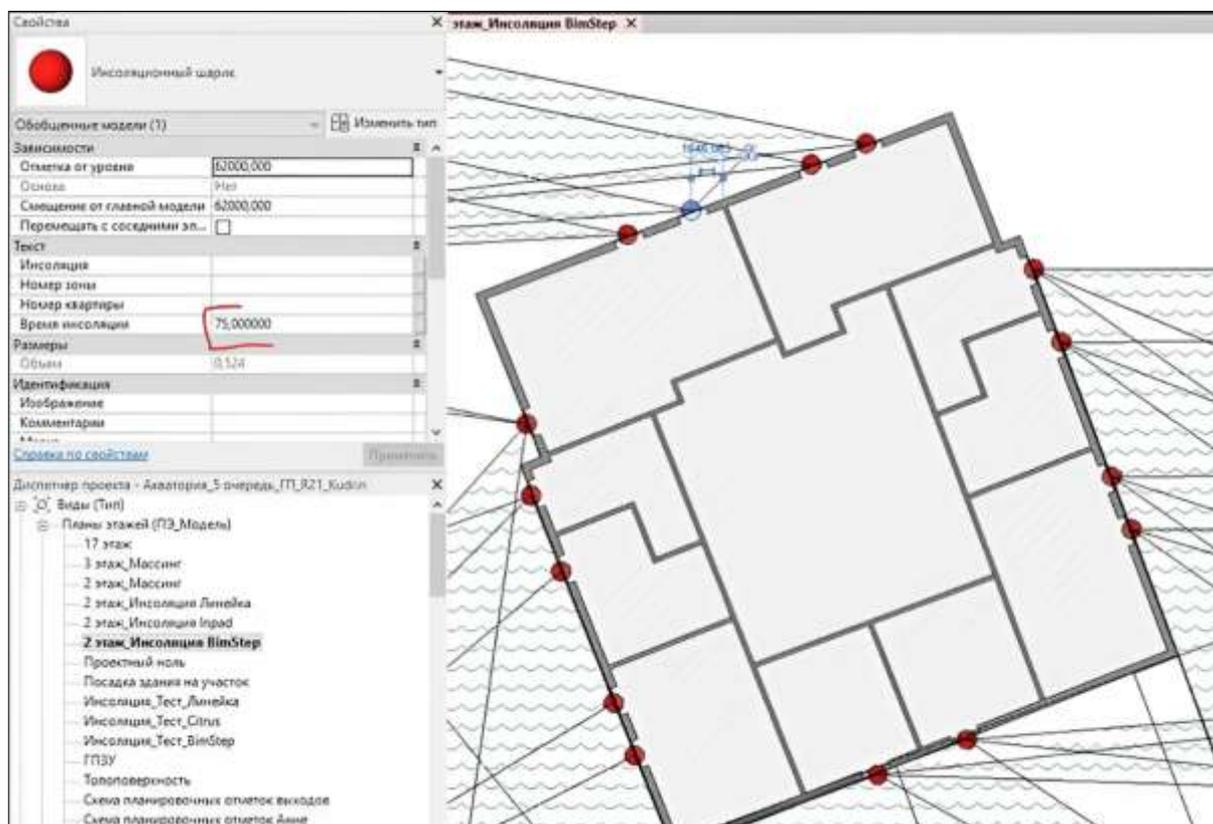


Рис. 2. Результат выполнения плагина *BimStep*

3. *Inrad*. Стоимость этого плагина составляет 70 тыс. руб./г. Его преимущества включают в себя удобство в определении инсоляции на фасадах, что полезно для быстрого анализа проблемных зон, возможность визуализации цветowych зон инсоляции на планах, что делает его применение очень наглядным (рис. 3). Зелёным цветом обозначены наиболее освещённые зоны (более 2 ч в день), жёлтым – те зоны, на которые попадает солнечный свет от 1 до 2 ч в день, красным – менее 1 ч в день.

4. *Citrus*. Бесплатный инструмент, который позволяет быстро и наглядно оценить инсоляцию на планах. Его простота делает его привлекательным для проектировщиков, работающих на начальных этапах проектирования (рис. 4).

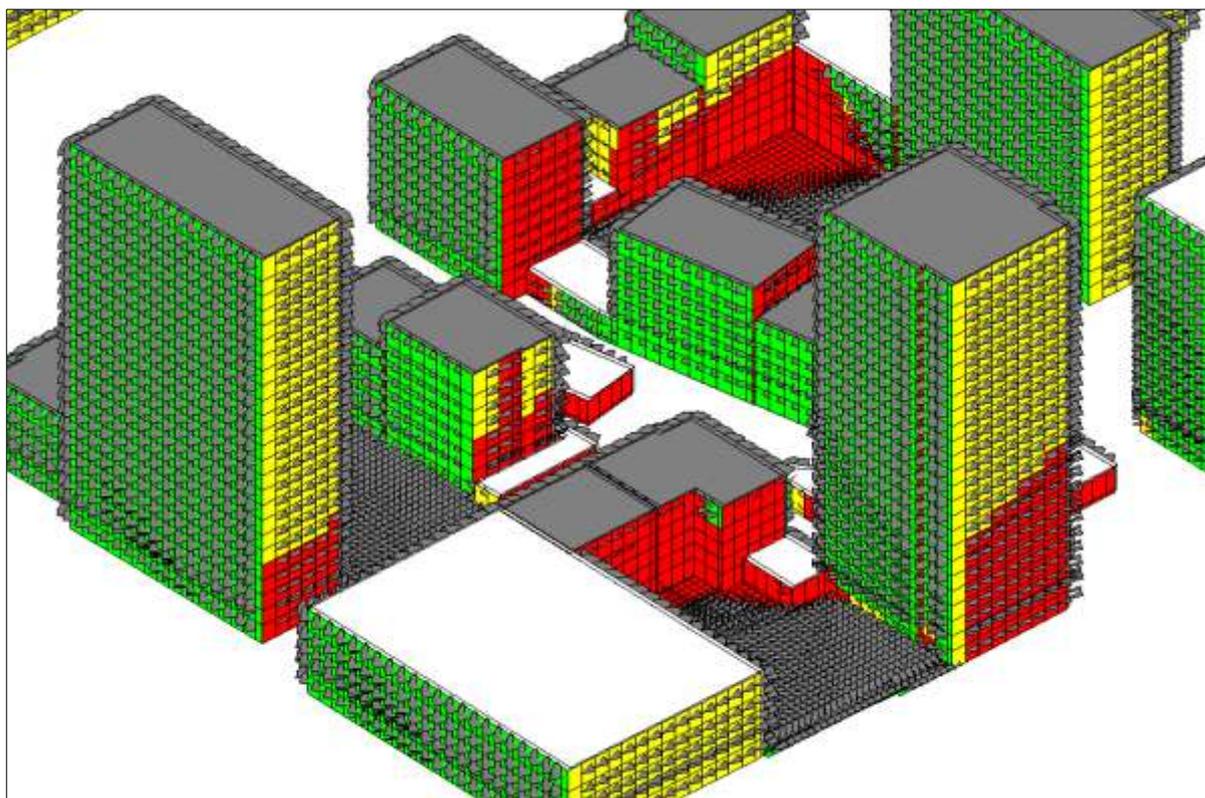


Рис. 3. Результат работы плагина *Inpad*

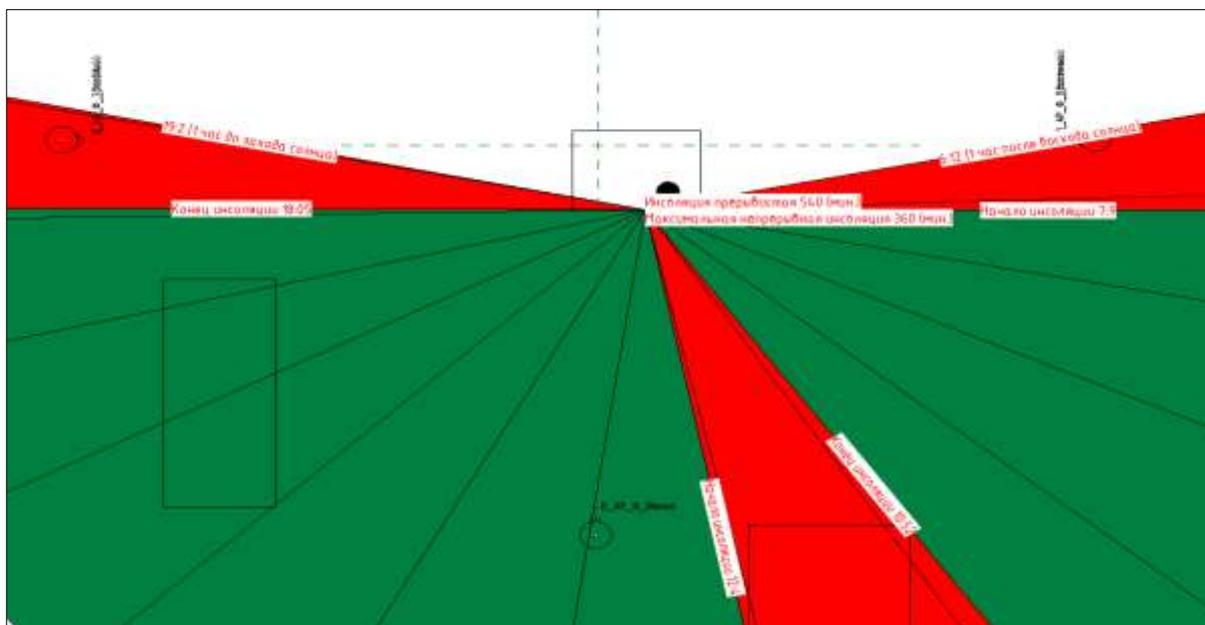


Рис. 4. Результат выполнения плагина *Citrus*

Анализ приведённых методов и программных решений для расчёта инсоляции в *Revit* показывает, что все предложенные инструменты имеют определённые преимущества и недостатки. Важно учитывать уникальные особенности конкретного проекта при выборе метода. Создание собственного плагина может значительно улучшить процесс проектирования и сделать его более эффективным за счёт интеграции передовых технологий и автоматизации расчётов. Таким образом, решение задач инсоляции остаётся актуальной областью для исследований и разработок.

Результаты сравнения программных комплексов, выявленные отличия, достоинства и недостатки представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение программных решений по ключевым параметрам

Параметры для сравнения	Программное решение			
	<i>ASI</i>	<i>BimStep</i>	<i>Inpad</i>	<i>Citrus</i>
Стоимость продукта в год (руб.)	180 000	7 000	70 000	бесплатно
Инсоляция по фасадам	–	–	+	–
Инсоляция по плану	+	+	–	+
Генерация отчёта	+	–	–	–
Автоматическое определение расчётных точек	+	–	(инсоляция производится не по планам)	–
Заполнение параметров в <i>Revit</i>	–	+	–	–

Работа выполнена в рамках реализации Инновационного образовательного проекта «Инновационная методика формирования цифровых профессиональных компетенций обучающихся и специалистов строительной отрасли» на базе Федеральной инновационной площадки ФГБОУ ВО СПбГАСУ.

Список источников

1. Шмаров И. А. Инсоляция помещений как средство ограничения распространения COVID-19, гриппа и ОРВИ в городской среде / И. А. Шмаров, В. А. Земцов, А. С. Гуськов и др. // Academia. Архитектура и строительство. 2020. № 4. С. 83–92. DOI: 10.22337/2077-9038-2020-4-83-92.

2. Хусаинов Д. Б. Автоматизация расчёта инсоляции и КЕО информационной модели здания / Д. Б. Хусаинов, А. А. Мехонцев, С. В. Привидкин // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2022. № 6 (61). С. 37–41. DOI: 10.55341/ptrbs.2022.61.6.005.

3. Гриценко С. Ю. Анализ инсоляции при проектировании комплексов зданий / С. Ю. Гриценко, Ю. А. Зевина, И. М. Бородянский // Инженерный вестник Дона. 2021. № 6 (78). С. 419–428.

4. Стецкий С. В. Оптимальное расположение объектов окружающей застройки для обеспечения нормативной продолжительности инсоляции в помещениях зданий / С. В. Стецкий, К. О. Ларионова, А. С. Аверьянова и др. // Экономика строительства. 2023. № 4. С. 201–203.

5. Земцов В. А. Методика расчёта продолжительности инсоляции помещений жилых и общественных зданий и территорий по солнечным картам / В. А. Земцов, И. А. Шмаров, В. В. Земцов и др. // Жилищное строительство. 2018. № 7. С. 32–37.

ВНЕДРЕНИЕ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА RENGA SOFTWARE

Н. А. Колесникова, студент;

Д. Л. Колесников, студент;

Е. И. Солдатова, студент

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

Аннотация. В современных условиях развития строительной отрасли активно внедряется технология информационного моделирования зданий (Building Information Modeling). BIM-проектирование является важным инструментом для создания трёхмерных моделей зданий с учётом всех инженерных систем, что способствует оптимизации процессов строительства и эксплуатации сооружений.

Использование BIM позволяет сократить время и затраты на проектирование, строительство и эксплуатацию зданий. Это становится возможным благодаря тому, что все данные о здании собраны в одной модели, что помогает избежать ошибок и неточностей.

Ключевые слова: программное обеспечение, интерфейс, BIM, проектирование, Renga

На сегодняшний день на российском рынке в основном представлены программные продукты зарубежного производства. Но в условиях новой экономической реальности использование отечественных разработок становится все более выгодным решением.

Выбор отечественного программного обеспечения, такого как российская BIM-система Renga, имеет ряд преимуществ. В частности, это позволяет оперативно получать поддержку от разработчика, содействовать развитию ПО и обеспечивает соблюдение местного законодательства. Кроме того, отечественные вендоры предлагают более гибкие условия лицензирования, что снижает риски для пользователей.

Предприятие Renga Software (первоначальное название – Tornado) [2] было основано компанией АСКОН, создавшей популярную программу КОМПАС-3D, и компанией «1С» [1].

Renga – российская BIM-система для совместного архитектурного проектирования, разработки несущих конструкций, внутренних инженерных сетей и технологической части зданий и сооружений.

Создание системы автоматизированного проектирования началось с выбора подходящего математического ядра. Для этого были исследованы ядра, используемые в других CAD-продуктах [2].

Renga работает на основе собственного ядра АСКОН, которое также используется в КОМПАС-3D. Для повышения производительности и ста-

бильности работы применяется графический интерфейс *DirectX*, который совместим с большинством видеокарт [2].

В то время как большинство аналогичных *BIM*-систем используют ленточный интерфейс (*Ribbon* или *Microsoft Fluent Interface*), который основан на панелях инструментов с вкладками, в *Renga* был разработан более интуитивный и минималистичный подход к интерфейсу (рис. 1, 2) [3].

Также в зарубежных программах используется определённый принцип создания трёхмерной модели: сначала разрабатываются планы, которые затем «поднимаются» до трёхмерной модели. В таких программах, как *Autodesk Revit* и *ArchiCAD*, основная работа ведётся на плане или разрезе. В *Renga* применяется противоположный подход: вся работа выполняется на 3D-сцене с такими объектами, как колонны, балки, стены, фундаменты и т. д. При этом пользователь не ограничен в своих действиях: он может свободно переходить из 3D в 2D и обратно, продолжая создавать единую модель здания или сооружения.

Во многих *BIM*-системах необходимо работать со справочниками и библиотеками данных, в которых содержится информация о конкретных экземплярах элементов, таких как окна, двери или балки. Часто проектные организации обнаруживают, что нужные элементы отсутствуют в дистрибутивах разработчиков или онлайн-библиотеках. Это вынуждает их самостоятельно создавать эти элементы, для чего требуются навыки параметризации и программирования. Обычные проектировщики не обладают такими навыками, поэтому появляются новые должности, такие как *BIM*-менеджер или *BIM*-мастер. В *Renga* исключили использование справочников экземпляров и внедрили новый метод, известный как САПР в САПРе, или система стилей [2]. Этот подход помогает уменьшить трудозатраты при создании объектов требуемой конфигурации, предотвращает создание множества повторяющихся элементов и предоставляет проектировщику инструменты для самостоятельного создания необходимых компонентов без привязки к неполным справочным данным.

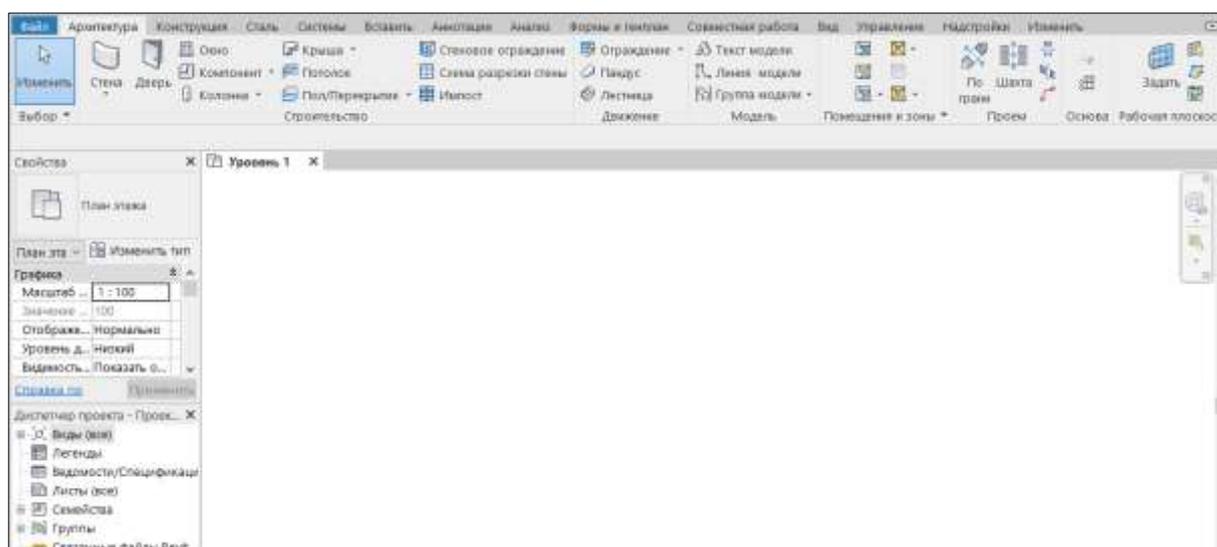


Рис. 1. Пример ленточного интерфейса *Autodesk Revit*

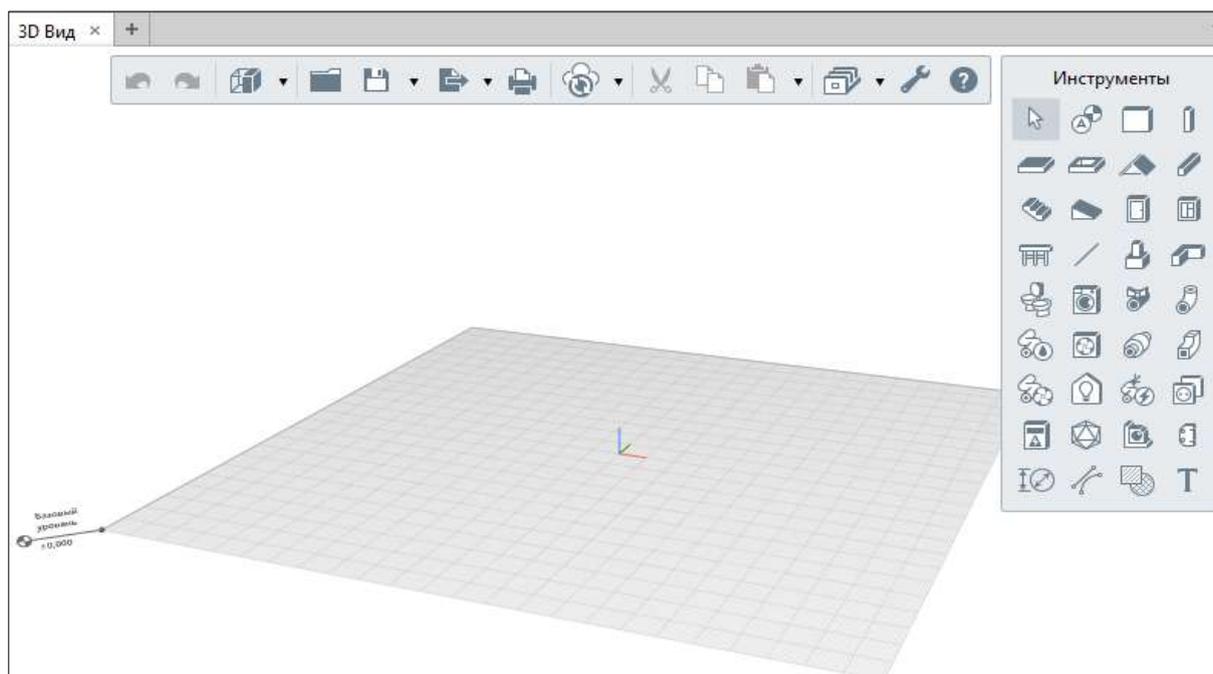


Рис. 2. Интерфейс в *Renga Software*

Наконец, одно из главных преимуществ *Renga* – небольшой размер итогового файла проекта. Даже если проект представляет собой 40-эт. здание, размер файла составляет чуть более 1 Мб. Это позволяет быстро копировать файлы на внешние носители или передавать их через интернет.

Ещё одно преимущество *Renga* – возможность автоматически создавать и размещать рамки и штампы на чертежах [4]. Проектировщики могут оформлять чертежи в любом стиле, соответствующем ГОСТ Р 21 101-2020 «Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации» [5]. При этом расположение основной надписи, дополнительных граф и рамок будет автоматически определяться в соответствии со справочным приложением И, а также рекомендуемым приложением [5].

В зависимости от типа чертежа, который размещается на листе, в стилях оформления указываются отступы, выбирается положение и ориентация для рамок, дополнительных граф и штампов по формам 3, 4, 5, 6 [5]. Процесс оформления чертежей в программе *Renga* представлен на рис. 3.

Как и в других *BIM*-системах, в *Renga* присутствует инструмент «Спецификации», который автоматически анализирует данные объектов *3D*-модели и представляет их в табличном виде. Любые изменения, внесённые в *3D*-модель, автоматически отражаются в спецификациях, что позволяет мгновенно получать обновлённую информацию о проекте.

Renga – это относительно новая система, и с каждым обновлением в ней появляются новые полезные функции. Однако на данный момент пользователи выделили некоторые недостатки:

- на данный момент отсутствуют инструменты по работе с генпланом, газом, наружными сетями;

- невозможно редактировать объекты на разрезах;
- ограниченные возможности в создании приложений и их интеграции через *API*;
- нет настройки горячих клавиш;
- визуализация (рендеры) делается в отдельно покупаемом ПО;
- не предусмотрены текстуры материалов в *3D*;
- нет инструментов визуального программирования.

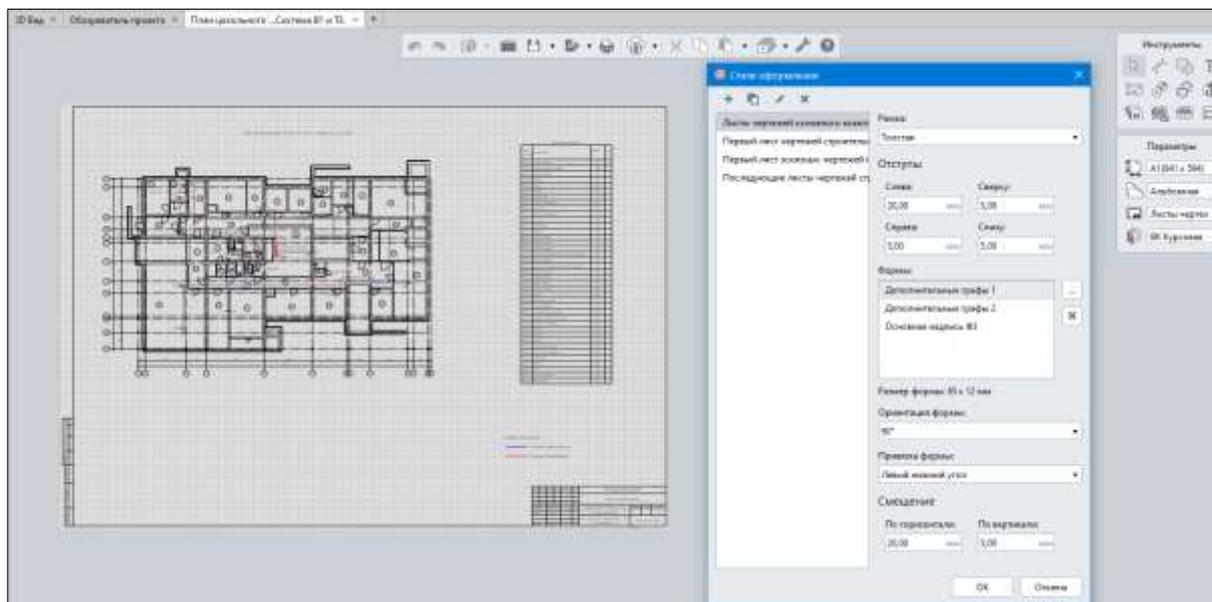


Рис. 3. Процесс оформления чертежей в программе *Renga*

Renga представляет собой инновационное решение для проектирования зданий и сооружений, предоставляя архитекторам, инженерам и строителям широкий спектр возможностей. Благодаря простоте освоения, гибкости в использовании и интеграции с другими системами, *Renga* становится всё более популярной среди профессионалов строительной отрасли.

Однако, несмотря на все преимущества, программа всё ещё находится в стадии разработки. Тем не менее регулярные обновления и улучшения, а также активное участие сообщества пользователей позволяют надеяться на то, что *Renga* продолжит развиваться и совершенствоваться, предлагая всё более эффективные и удобные инструменты для работы над проектами.

Важно отметить, что благодаря регулярным обновлениям и активному участию сообщества пользователей, *Renga* имеет потенциал стать одним из наиболее востребованных инструментов для архитекторов, инженеров и строителей. Это позволит ускорить процесс проектирования, повысить качество проектов и сделать работу над ними более удобной и эффективной.

Список источников

1. Дубинин Д. А. Преимущества использования и развития отечественного BIM: системы для трёхмерного проектирования Renga / Д. А. Дубинин, А. А. Набок, В. А. Харин и др. // Инженерный вестник Дона. 2017. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4057.
2. Системы проектирования от компании Renga Software. URL: rengabim.com/stati.
3. Renga on Developing CAD Software. URL: ascon.net/blog/articles.
4. Новый релиз Renga – новые инструменты оформления документации и совместной работы. URL: renga.store/tpost.
5. ГОСТ Р 21 101-2020. Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации. М., 2020. 71 с.

ВНЕДРЕНИЕ РОССИЙСКИХ САПР-ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧАЮЩИМСЯ ИНЖЕНЕРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ

Ю. И. Колотова, канд. с.-х. наук, доцент;

М. В. Безверхая, старший преподаватель;

Н. С. Дряблова, ассистент

Дальневосточный государственный университет, Благовещенск, Россия

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы изучения и освоения обучающимися инженерных направлений отечественного ПО для выполнения практических и курсовых работ. Присутствует краткое описание программ, которые применяются для обучения студентов. Отечественное ПО по функциональным возможностям не уступает зарубежным аналогам.

Ключевые слова: архитектура, ПО, программный комплекс, проектирование, Нанокад

В связи с введёнными санкциями зарубежное ПО не работает совсем или не все инструменты функционируют в рабочем порядке. ПО – это совокупность данных, использующая аппаратно-программный комплекс, который реализует его материальное обеспечение и состоит из системного и прикладного и инструментального обеспечения [1].

На факультете строительства и природообустройства выпускаются студенты следующих направлений: строительство, землеустройство и кадастры и техносферная безопасность. В современном мире невозможно подготовить качественных специалистов – инженеров без знаний ПО.

Нами было проанализировано ПО, представленное российскими компаниями. Основными направлениями обеспечения надёжности, по мнению авторов [2], являются: корректность (безошибочность) математического, информационного и программного обеспечения, отказоустойчивость и параллелизм.

При сравнении двух программных комплексов – Автокад (рис. 1) и Нанокад (рис. 2) – у последнего можно отметить графический интерфейс, мало отличимый от известных САПР, вкладки «Главная» с инструментами для черчения, «Вставка».

На дисциплину «Архитектура гражданских и промышленных зданий с основами строительных конструкций» отводится для освоения 360 ч, из них 40 % – на работу с преподавателем и 60 % – на самостоятельное изучение обучающимися, что приводит к поверхностному изучению материала. Заканчивается данная дисциплина курсовым проектом, выполняемым обучающимися самостоятельно.

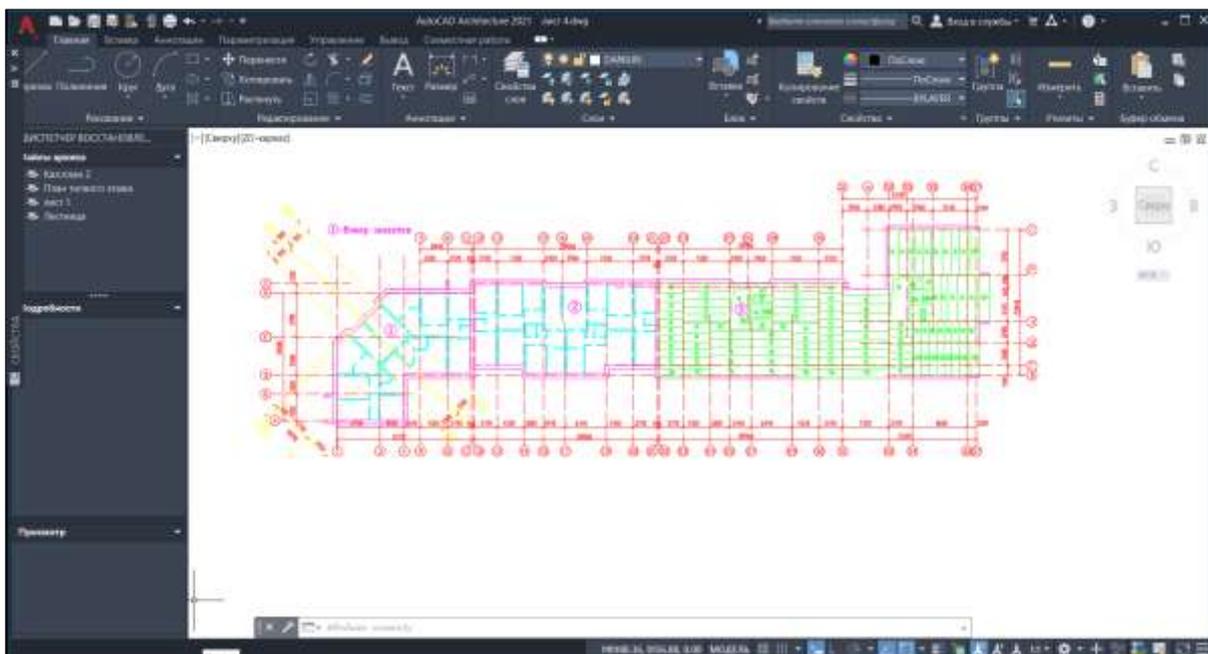


Рис. 1. Интерфейс программы «Автокад»

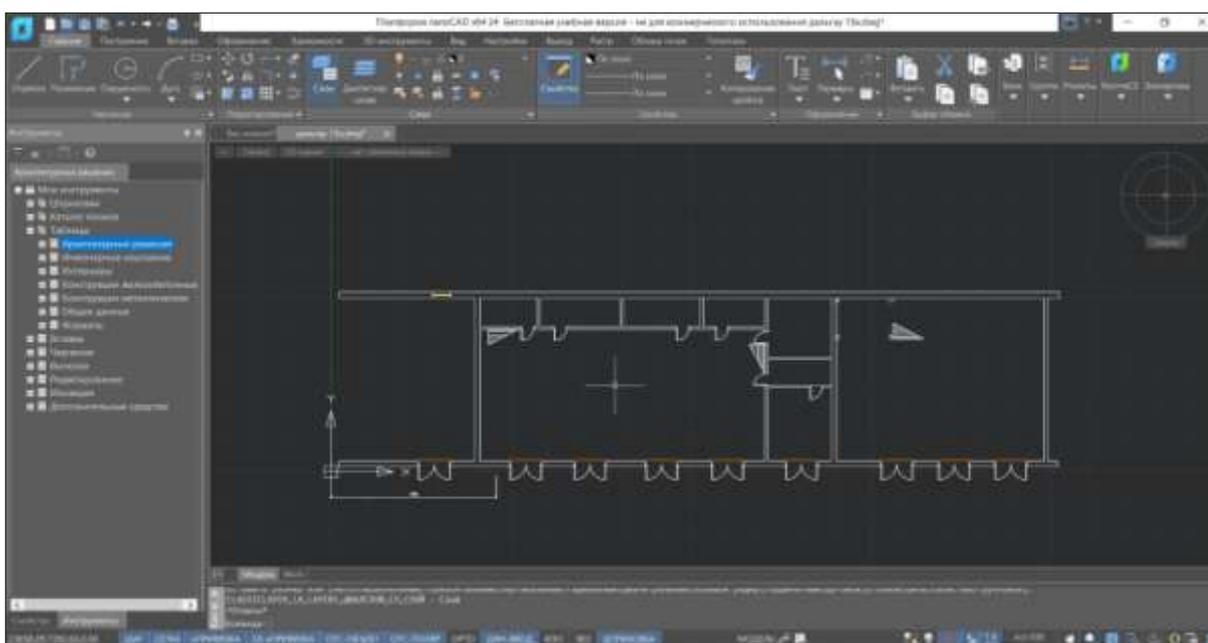


Рис. 2. Интерфейс программы «Нанокэд»

Специалистами компании «Нанософт» разработаны обучающие вебинары содержащие информацию по работе с программными продуктами, а также оказывается техническая поддержка с проблемами, возникающими в процессе обучения. При регистрации на сайте компании «Нанософт» [4], студенты получают учебную лицензию сроком на 1 год, с последующим продлением до конца обучения в Университете, что позволяет успешно на домашнем компьютере выполнять практические работы и курсовые проекты по заданию выданным преподавателем изучаемой дисциплины. Рабочей программой предусмотрено рассмотрение ПО «Нанокэд» на дисциплине «Цифровые технологии в профессиональной деятельности». У студентов

есть возможность знакомиться с «Нанокадом» самостоятельно во внеучебное время, но и работать на практических занятиях в компьютерном классе вместе с преподавателем.

Приложения к ПО «Нанокад» – «Геоникс», «Стройплощадка», «Вентиляция» и др. – позволяют решить ряд инженерных задач.

В приложении «Геоникс» для студентов направления землеустройство и кадастры возможно создание и хранение цифровых моделей местности (ЦММ), и создание топографических планов масштабе 1:5 000 и крупнее, в стандартных условных знаках различной локализации. Автоматизирована отрисовка горизонталей, сечений и профилей. Исходные геоточки возможно подгрузить в программный продукт файлом различных форматов и непосредственно с тахеометра. Построение 3D-моделей рельефа поверхности в виде 3D-граней и карт в изолиниях. Всё это позволяет решать ряд инженерных задач в одном ПО, а также реализовано преобразование архивных карт материалов с твердых носителей.

Старшие курсы направления подготовки 08.03.01 «Строительство», начиная с 3-го курса, переходят к освоению дисциплин, более тесно связанных с выбранной профессией, а это значит, что специфика выполнения работ становится более серьёзной и узконаправленной. Например, дисциплина «Организация, планирование и управление в строительстве» начинается во 2-м семестре 3-го курса и длится 3 семестра (до конца обучения студентов). На данную дисциплину отводится 52 ч лекций, 82 ч практических занятий, а большую часть времени обучения отведено на самостоятельную работу студентов (152 ч). Кроме того, данная дисциплина заканчивается курсовым проектированием, на которое выделяется всего 20 ч. Такое распределение часов обучения вынуждает студентов находить более рациональные пути выполнения заданий. «Нанокад. Стройплощадка» очень упрощает выполнение как практических работ в 7-м семестре, так и выполнение курсового проектирования. Достаточно понятный интерфейс позволяет студентам познакомиться с программой в период времени, которое отведено на самостоятельное изучение дисциплины.

Возможности программы «Нанокад. Стройплощадка» обширны:

- программе можно создавать календарное планирование, что ведёт к эффективному контролю над ходом строительства;
- планирование и организация непосредственно строительной площадки предполагает распределение ремонтных зон, стоянок техники, временные здания и сооружения, проектируемые объекты, ограждения и т. д.;
- рабочие и опасные зоны крана (рис. 3) позволяют предотвратить несчастные случаи и обеспечить безопасность персоналу.

Кроме описанных нами программ, в конце сентября 2024 г. компания «Нанософт» презентовала свой новый продукт «Нанокад. ТИМ Строительство». Данная разработка позволяет производить проектирование по российским ГОСТам. Кроме того, внедрено автоматизированное проектирование IFC-совместное проектирование, что даёт возможность преподавателю проверять задание студентов в локальном режиме.

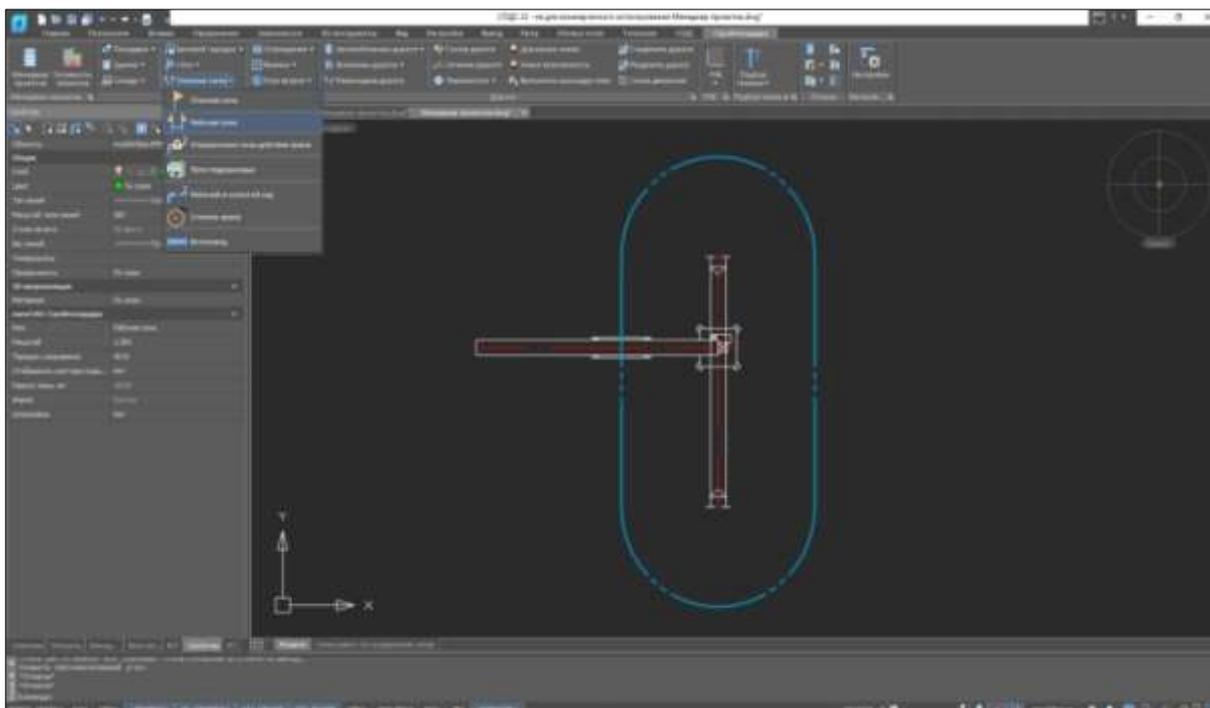


Рис. 3. Интерфейс программы «Нанокэд. Стройплощадка». Рабочая зона крана

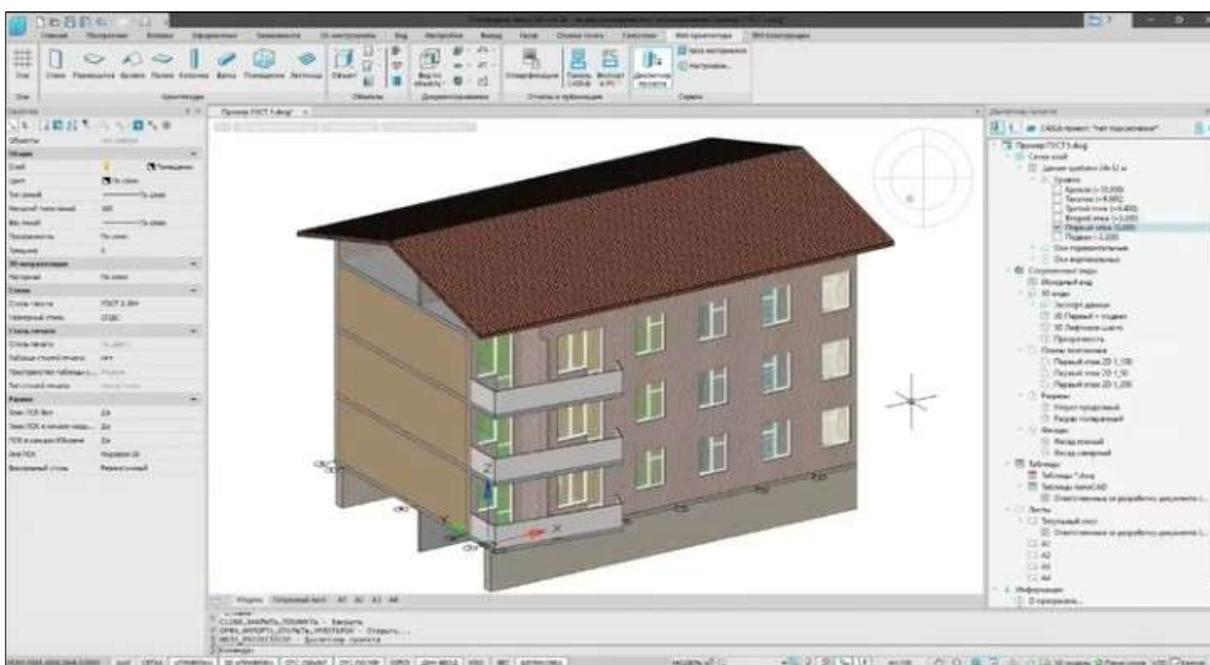


Рис. 4. Интерфейс программы «Нанокэд. ТИМ Строительство»

Внедрение российских САПР-технологий в учебный процесс является не только важным шагом для улучшения качества образования, но и вкладом в развитие инженерной культуры в России. Это поможет подготовить будущих специалистов, способных успешно работать в современных условиях.

Список источников

1. Годунов А. И. Методы и технология обеспечения надёжности ПО аппаратно-программных комплексов / А. И. Годунов, А. В. Лобачев // Надёжность и качество: матер. междунар. симпозиума. 2013. Т. 1. С. 271–273.
2. Дробахина А. Н. Использование свободного программного обеспечения при изучении дисциплины «Программное обеспечение ЭВМ» // Информационно-коммуникационные технологии в педагогическом образовании. 2010. № 4 (8). С. 31–32.
3. Чернядьев И. С. Способы интеграции программного обеспечения: API, веб-сервисы и промежуточные программные обеспечения / И. С. Чернядьев, М. Р. Хамидуллин // Школа молодых новаторов: матер. 5-й междунар. НК. Курск: Университетская книга, 2024. С. 266–270.
4. Нанософт. 2024. URL: nanocad.ru.

АДДИТИВНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО. ПРИМЕНЕНИЕ ПК ANSYS ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НЕСЪЁМНОЙ ОПАЛУБКИ

О. Д. Курбаковских, старший преподаватель;

К. Р. Ахметьянова, магистр

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В статье рассматривается применение технологии аддитивного строительного производства, предусматривающей печать несъёмной бетонной опалубки, расчет данной опалубочной системы с помощью ПК Ansys.

Ключевые слова: *давление бетонной смеси, несъёмная опалубка, аддитивное строительство, ПК Ansys*

Монолитное строительство – это гибкость архитектурных форм, уникальность планировочных решений, надежность и долговечность конструктивных систем. Однако, традиционные методы возведения монолитных зданий и сооружений обладают рядом недостатков и отличаются высокой трудоемкостью работ, значительным влиянием человеческого фактора. Одним из современных путей решения данной проблемы является применение аддитивных технологий.

Наиболее распространённый подход – послойная печать несъёмной опалубки вертикальных конструкций зданий и сооружений и дальнейшее ее заполнение эффективным по теплоизолирующей способности материалом (зачастую – различные виды конструкционно-теплоизоляционных бетонов).

Зарубежный опыт демонстрирует уникальность форм и экономическую выгоду таких решений. Эффективность послойного наращивания объекта при помощи 3D-печати состоит в снижении трудоёмкости, сроков работ, а также обеспечении максимальной точности в соблюдении проектных параметров объекта.

При этом одна из основных сложностей проектирования объектов с применением технологии аддитивного производства – обеспечение прочности и устойчивости сложных форм несъёмной опалубки при различных видах нагрузки, в т. ч. давлении от свежееуложенной смеси.

ПК *Ansys* позволяет с лёгкостью задать давление столба жидкости на любые поверхности, учесть многие виды нелинейностей, в т. ч. генетическую (этапность), а также оценить НДС конструкции с требуемой точностью.

Далее будет приведён к рассмотрению конкретный угловой элемент несъёмной опалубочной системы. Высота опалубки – 3 200 мм, толщина печатного слоя – 40 мм, высота – 20 мм, материал – специализированный

мелкозернистый бетон, принят с учётом ослабления между отдельными слоями напечатанной конструкции (неоговоренный строительными нормами шов бетонирования). Заполнение – пенобетон плотностью 500 кг/м^3 .

Геометрия была получена из ПК *Revit* (рис. 1) и перенесена в *Ansys*.



Рис. 1. 3D-печатный дом в Остине, штат Техас



Рис. 2. Демонстрационные образцы компании АМТ, полученные при помощи 3D-печати



Рис. 3. Общий вид углового элемента несъемной опалубочной системы в ПК Revit

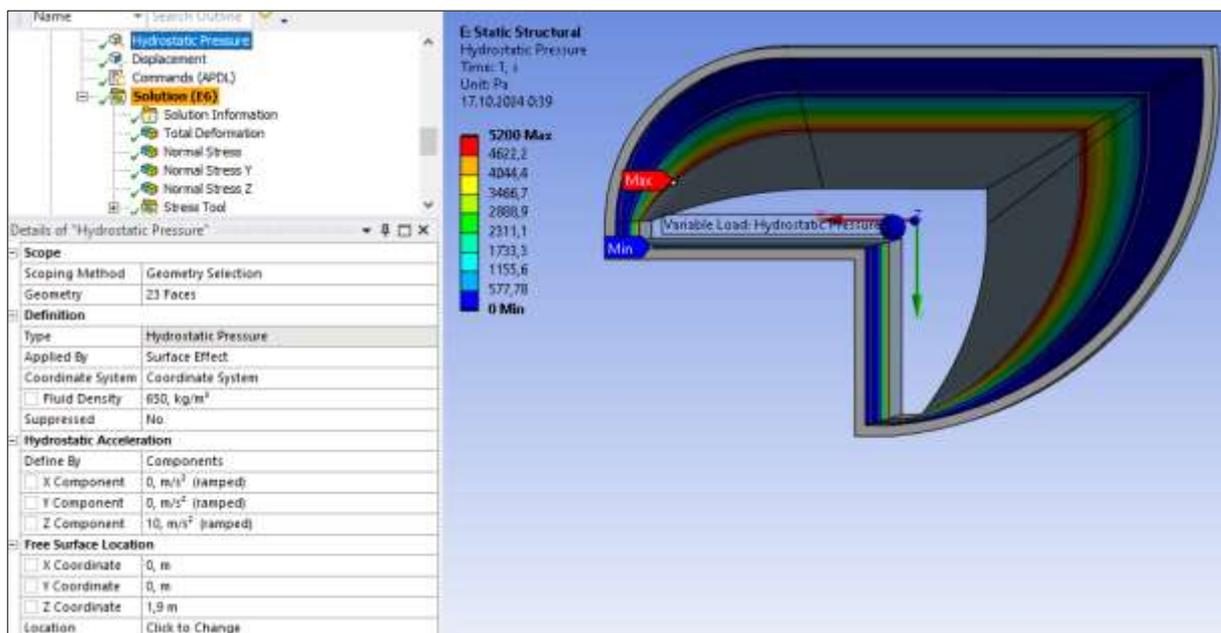


Рис. 4. Детали и распределение давления на одном из этапов заполнения опалубки бетонной смесью в ПК Ansys

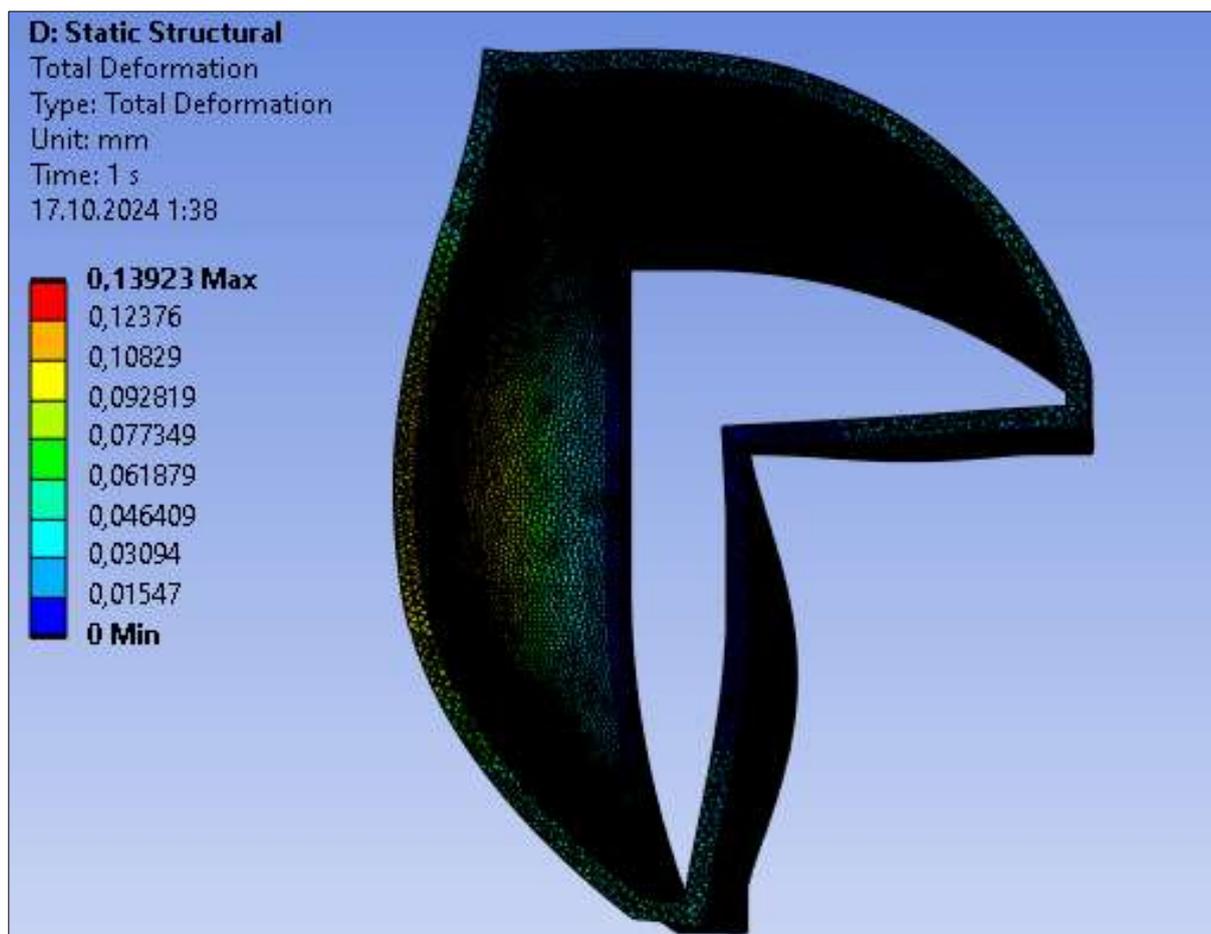


Рис. 5. Деформированная схема опалубки
 этапа заполнения опалубки бетонной смесью в ПК *Ansys*

По результатам расчёта есть возможность добавления арматурных включений, дополнительных стенок (диафрагм) в конструкцию опалубки и их топологическая оптимизация.

Список источников

1. Адамцевич А. О. Исследование особенностей работы бетонных конструкций, изготовленных с применением технологии аддитивного строительного производства / А. О. Адамцевич, А. П. Пустовгар, Л. А. Адамцевич и др. // Строительные материалы. 2023. № 12. С. 38–46.
2. Пустовгар А. П. Международный опыт исследований в области аддитивного строительного производства / А. П. Пустовгар, Л. А. Адамцевич, А. О. Адамцевич // Жилищное строительство. 2023. № 11. С. 4–10.
3. СП 414.1325800.2018. Несъёмная опалубка. Правила проектирования. М.: Минстрой России, 2018. 38 с.
4. Славчева Г. С. Строительная 3D-печать сегодня: потенциал, проблемы и перспективы практической реализации // Строительные материалы. 2021. № 5. С. 28–36.

РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЭВМ

Н. И. Марчук, канд. техн. наук, доцент;

Н. А. Виноградов, аспирант

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В данной работе рассмотрена проблема регулирования конструкций и предложен алгоритм регулирования в ПК SCAD с использованием возможностей SCAD API взаимодействия с программой по оптимизации, написанной на Python. Приведено решение задачи регулирования вантовой конструкции.

Ключевые слова: *регулирование НДС, оптимизация, байесовская оптимизация, ПК SCAD, преднапряжение*

Стандартный метод проектирования конструкций состоит из следующих этапов: создание конструкции в первом приближении на основании технического задания и опыта проектировщика; подбор сечений элементов; корректировка конструкции. Эффективность полученного решения зависит от опыта проектировщика, для повышения эффективности можно использовать регулирование НДС конструкции.

Решение задачи регулирования состоит из следующих этапов: постановка цели регулирования, выбор способа и параметров регулирования (регуляторов), определение оптимальных параметров регулирования.

Если рассматривать задачи регулирования как разновидность оптимизационных задач, то цели регулирования могут быть расширены, обычно глобальная цель – снижение стоимости конструкции. Создание алгоритма реализации данной цели трудозатратно, т. к. требуется расчёт стоимости отдельных элементов, стоимости строительства и т. п. Программа, способная решить такую задачу будет узкоспециализированной, способной рассчитывать только конкретный вид конструкции или сооружения. Для создания более универсальной программы, можно поставить цель, реализация которой существенно влияет на стоимость конструкции и включает в себя физические параметры (например, массу конструкции).

В свою очередь массу конструкции можно также заменить на величины, от которых она зависит, эти величины описывают напряжённо-деформированное состояние конструкций: напряжения, деформации, перемещения. Данные величины легко поддаются регулированию, а также могут быть заменены далее на усилия: от моментов преимущественно зависит напряжение в изгибаемых конструкциях, от продольной силы – в шарнирно-стержневых конструкциях.

Решение поставленной задачи на упрощённом уровне является приближением для решения задачи на более сложном, например, если при решении задачи регулирования по деформациям ответ отличается от решения по напряжениям, то для выбора правильного решения требуется определение масс двух вариантов конструкции и выбор конструкции с наименьшей массой. Если два варианта отрегулированной конструкции имеют одинаковую массу, то тогда уже необходимо оценивать стоимость конструкции. Заметим, что, когда мы не вступаем в противоречие на упрощённом уровне, например, когда есть только одно решение, при котором деформации и напряжения минимальны, нам не требуется переход на более высокий уровень постановки цели задачи регулирования, что позволяет сэкономить вычислительные ресурсы.

Основные способы регулирования конструкций: предварительное напряжение элементов (с использованием натяжения, осадки опор и др.), изменение геометрии (перемещение положения шарниров и опор), изменение схемы приложения нагрузки (создание промежуточных элементов для изменения вида нагрузки – например, из сосредоточенной сделать распределённую) и др.

Параметры регулирования (регуляторы) – элементы, которые будут изменяться при регулировании конструкции, например, при использовании предварительного напряжения требуется выбрать элементы, которые будут подвергаться предварительному напряжению, при изменении геометрии требуется выбрать изменяемые элементы.

Наиболее рациональны те способы регулирования, которые при небольшом изменении регулятора дают наибольший вклад в изменение НДС конструкции. Поэтому выбор рационального способа регулирования с регуляторами, обеспечивающими наибольший эффект, может быть первым этапом в решении задачи регулирования. Для решения задачи регулирования была разработана блок-схема, представленная на рис. 1 и программа *Resopt*, решающая оптимизационную задачу исходя из целей регулирования и данных из *SCAD*.

Поскольку решение задачи регулирования можно рассматривать как многошаговый процесс, то может оказаться, что на первом шаге выгодно использовать преднапряжение некоторых элементов конструкции, когда же преднапряжение будет реализовано (не в полном объёме, а в виде определённой доли от требуемого, чтобы не проскочить наилучшие решения с использованием других способов регулирования), то на втором шаге может быть оптимальным другой способ регулирования. Чтобы доказать, что другой способ регулирования на данном шаге оптимален, требуется каждый раз осуществлять поиск оптимальных регуляторов для данного способа регулирования и решать заново задачу регулирования.



Рис. 1. Блок-схема решения задачи регулирования

Следует отметить, что требуется найти такие значения параметров регуляторов, которые минимизировали бы целевую функцию при всех возможных комбинациях загрузжений (PCY, PCN). При этом в некоторых случаях становятся выгодными способы активного регулирования, которые позволяют изменять НДС конструкции в зависимости от загрузжений в реальном времени, что даёт возможность лучше минимизировать целевую функцию, т. к. сочетания загрузжений уже не так сильно зависят друг от друга (зависимость сохраняется из-за невозможности регуляторов влиять на все элементы конструкции одинаково, а также из-за того, что большинство конструкций подчиняется пропорционально-интегро-дифференциальному закону управления, поэтому имеется запаздывание в регулировании).

Допустим, что поставленная цель регулирования – минимизировать величины моментов в заданном стержневом элементе конструкции, представленном на рис. 2, где M_p – это эпюра моментов от действующей на элемент нагрузки (грузовая эпюра), а M_1 – единичная эпюра моментов от действующего на элемент единичного регулятора.

Решение данной задачи регулирования состоит в ответе на вопрос: во сколько раз надо увеличить действие регулятора, чтобы при суммировании его воздействия с грузовым состоянием M_p , амплитудное значение итоговой эпюры стремилось к нулю?

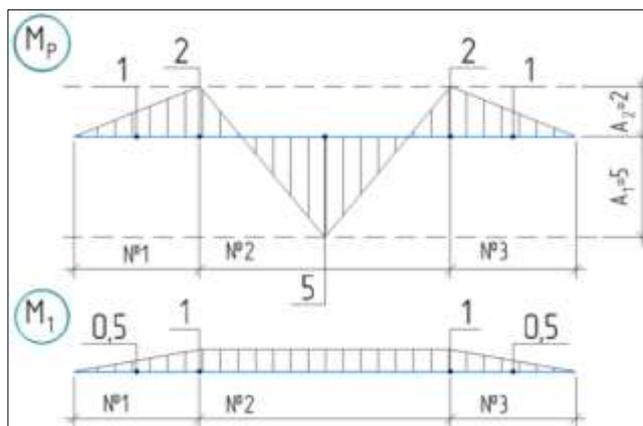


Рис. 2. Эпюры от грузового состояния и единичного регулятора

Стандартно ПК *SCAD* позволяет получить значения усилий на элементах по трём сечениям: в начале, середине и конце элемента, которые программа формирует в виде одномерного массива. Для рассматриваемого элемента данные массивы имеют вид: $M_p = [0; 1; 2; -5; 2; 1; 0]$ и $M_1 = [0; 0,5; 1; 1; 1; 0,5; 0]$. Оптимальный параметр регулирования для данного примера $x = 1,5$, что соответствует суммарному массиву величин моментов итоговой оптимизированной эпюры:

$$M_{ок} = M_p + M_1 \times x = [0; 1; 2; -5; 2; 1; 0] + [0; 0,5; 1; 1; 1; 0,5; 0] \times 1,5 = [0; 1,75; 3,5; -3,5; 3,5; 1,75; 0].$$

Тогда амплитудное значение величин моментов

$$A = \max(|\max(M_{ок})|; |\min(M_{ок})|) = \max(|3,5|; |-3,5|) = 3,5.$$

При данном значении целевая функция $S(A(x)) \rightarrow \min$ достигает экстремума. Следует отметить, что минимизация амплитудного значения эпюры моментов не всегда может интерпретироваться как снижение массы итоговой конструкции, существуют решения, при которых минимизация среднего значения эпюры моментов лучше коррелирует с уменьшением массы конструкции, тогда целевая функция

$$S = \int |M_{ок}(M_p, M_1, x)| dl \rightarrow \min.$$

В качестве примера рассмотрим решение задачи регулирования вантовой системы (рис. 3), нагруженной равномерно-распределённой нагрузкой $q = 2,5 \text{ кН/м}$. Жёсткостные характеристики элементов:

- балка: $EJ = 1,5 \times 10^7 \text{ кН} \times \text{м}^2$; $EA = 4,1 \times 10^8 \text{ кН}$;
- опора (стержень 6–8) и пилон (стержень 1–6): $EJ = 8\,500 \text{ кН} \times \text{м}^2$; $EA = 5 \times 10^6 \text{ кН}$;
- ванты (стержней 1–3, 1–4, 1–5): $EA = 3 \times 10^6 \text{ кН}$;
- оттяжка (стержень 12–13): $EA = 9 \times 10^6 \text{ кН}$.

В качестве способа регулирования примем предварительное напряжение, регуляторами являются ванты (рег 1, рег 2, рег 3). Создаём единичные загрузки регуляторов (рис. 5), цель которых – минимизация эпюры от заданной нагрузки (рис. 4).

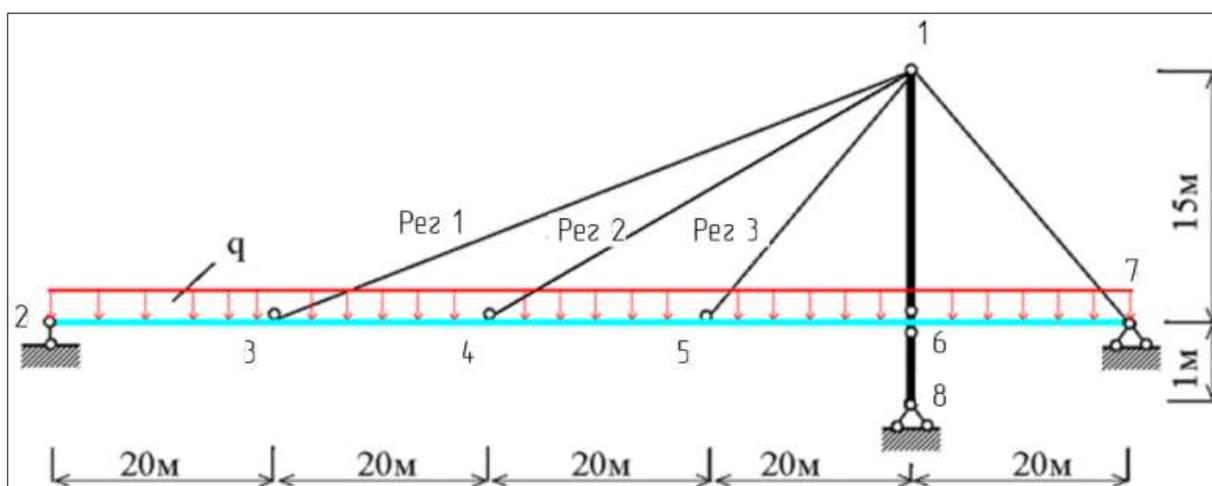


Рис. 3. Исходный мост

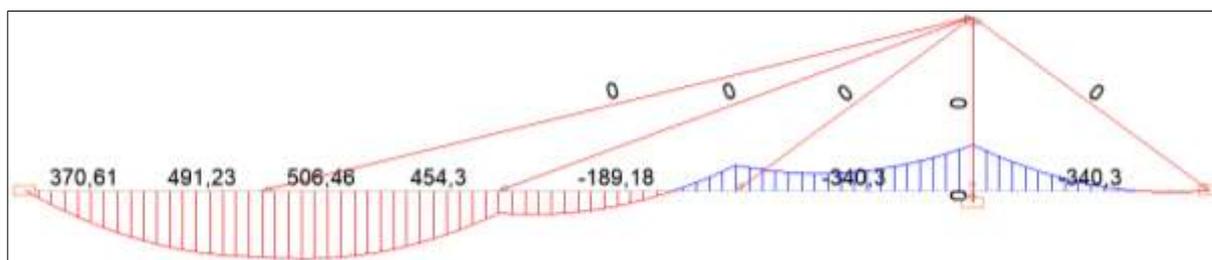


Рис. 4. Эпюра моментов в вантовой системе от заданной нагрузки M_p (кН/м)

Считываем значения моментов в расчётных сечениях с единичных и грузовой эпюр в программу оптимизации *Resopt* (рис. 6), которая, используя байесовскую оптимизацию из библиотеки *SciPy Python*, минимизирует величину целевой функции, представляющую амплитудное значение момента в вантовой системе.

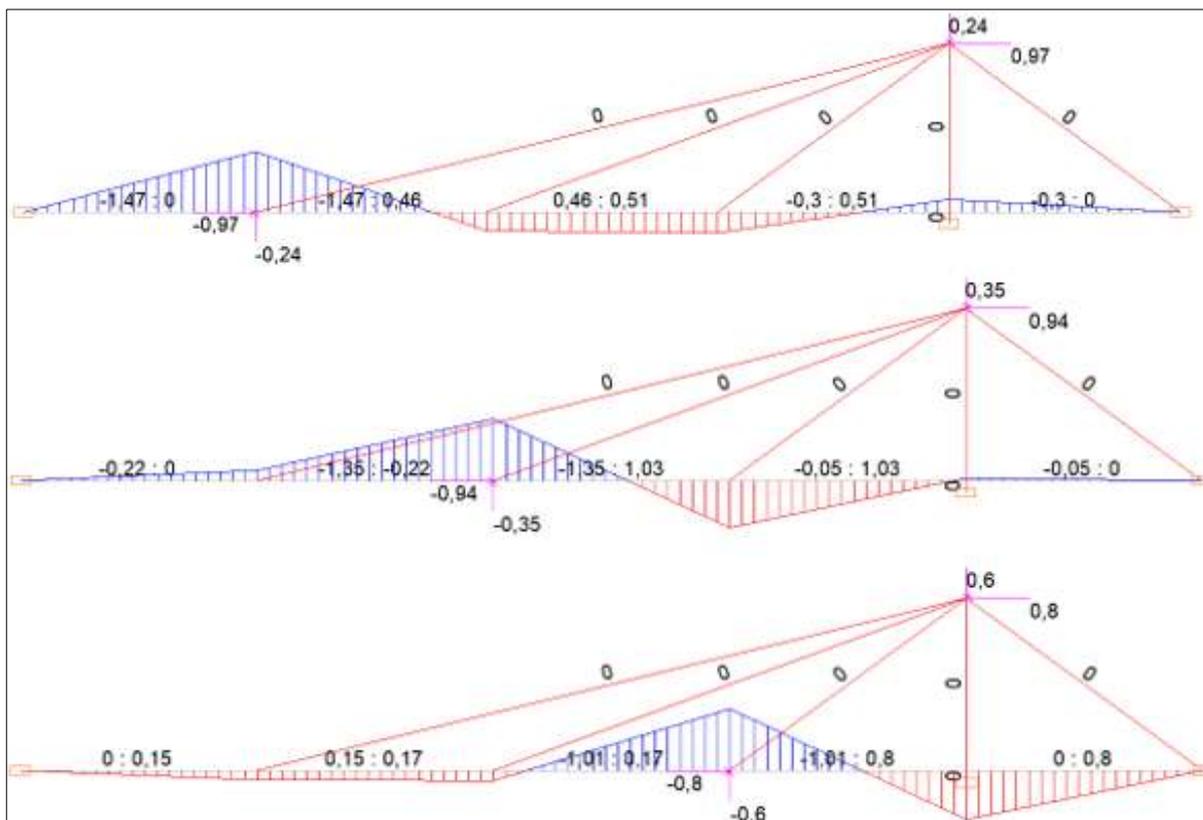


Рис. 5. Эпюры моментов M_1 , M_2 , M_3 (кН/м) от единичного воздействия регуляторов

Номер грузовой эпюры из загрузений (если 0 то не учитывается), выбрано: 1
Time: 18:10:30
1

Номер грузовой эпюры из комбинаций (если 0 то не учитывается), выбрано: 0
0

Номера единичных эпюр из загрузений (если 0 то не учитывается), выбрано: [2, 3, 4]
Номера из загрузений

Номера единичных эпюр из комбинаций (если 0 то не учитывается), выбрано: [0]
Номера из комбинаций

Проверка выбранных загрузений и обновление

Выбор решателя, выбрано: оптимизировать по M
оптимизировать по M

Особенность оптимизации
обычная задача

Условие оптимизации
свести к минимуму предельную амплитуду

Условие схождения по X
Ищем любые X

Ограничения на X
не ограничивать X

Нижняя граница X
0

Верхняя граница X
4

Решить поставленную задачу

Рис. 6. Задание параметров расчёта

На рис. 7 представлена оптимизированная вантовая система с найденным оптимальным НДС (по моментам). При этом получены следующие оптимальные значения регуляторов $X = [388,86; 382,169; 486,158]$, амплитудное значение момента уменьшилось на 89 %.

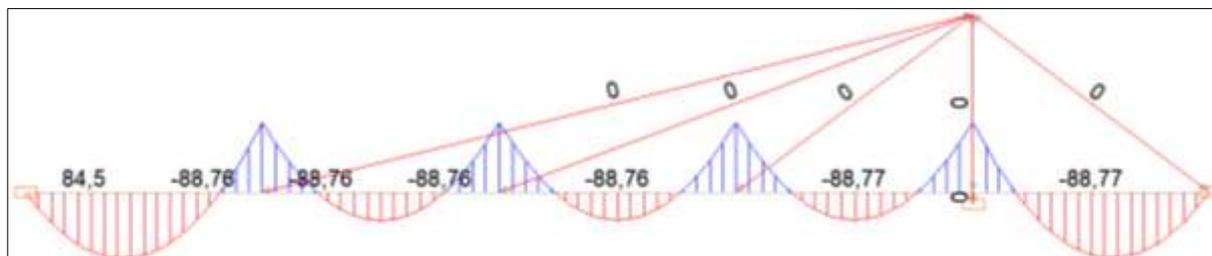


Рис. 7. Эпюра изгибающих моментов $M_{ок} = M_p + \bar{M}X$ (кН/м) в оптимизированной вантовой конструкции

Полученные результаты показывают возможность решения задачи регулирования НДС конструкций как задач оптимизации и связанных с ней особенностей, реализация которых позволит существенно облегчить работу по созданию и проектированию рациональных и экономичных конструкций.

Список источников

1. Абовский Н. П. Управление конструкции: учеб. пособие. Красноярск: КрасГАСА, 1998. 433 с.
2. Абовский Н. П. Регулирование, синтез, оптимизация (избранные задачи по строительной механике и теории упругости): учеб. пособие / Н. П. Абовский, Л. В. Енджиевский, А. П. Савченков и др. 3-е изд. М.: Стройиздат, 1993. 456 с.
3. Абовский Н. П. Управляемые конструкции и системы: конспект лекций (эл. ресурс) / Н. П. Абовский, А. В. Максимов, Н. И. Марчук и др. V 2.0. Красноярск: СФУ, 2009.
4. Мицель А. А. Методы оптимизации: учеб. пособие. Ч. 1 / А. А. Мицель, А. А. Шелестов, В. В. Романенко. Томск: ТУСУР, 2020. 350 с.
5. Перельмутер А. В. Управление поведением несущих конструкций. М.: АСВ, 2011. 184 с.
6. Кузьмичева И. Г. Регулирование усилий предварительным напряжением отдельных элементов / И. Г. Кузьмичева, А. Г. Колесников // Проблемы и достижения современной науки. 2016. № 1 (3). С. 113–116.

КРЕАТИВНЫЙ ПОДХОД К ЗАДАЧАМ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В ПК ANSYS: ИДЕИ И ПРИМЕРЫ

Н. И. Марчук, канд. техн. наук, доцент;
О. Д. Курбаковских, старший преподаватель;
В. В. Король, магистрант

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В статье даётся краткая характеристика топологической оптимизации на базе ПК Ansys. Приведено решение ряда примеров в ПК Ansys.

Ключевые слова: *топологическая оптимизация, топологическая форма, ПК Ansys*

Внедрение передовых методов оптимизации играет фундаментальную роль в инновационном проектировании, обеспечивая разработку структур с улучшенной эффективностью и оригинальностью. Топологическая оптимизация, направленная на максимизацию использования материалов [4], сопряженная с усилением жёсткости и сокращением общего объема материала, представляет собой наиболее важный аспект оптимизации конструкций. Этот подход способствует созданию более прочных и экономичных конструкций, что придаёт инновационным проектам дополнительное преимущество в современной технологической среде.

При внедрении передовых методов оптимизации в инновационное проектирование необходимо учитывать, что топологическая оптимизация играет существенную роль в создании уникальных и высокоэффективных структур. Этот подход позволяет не только улучшить использование материалов, но и значительно повысить жёсткость конструкций, снизить общий объём материала, что в конечном итоге приводит к созданию более лёгких и прочных изделий.

Таким образом, применение передовых методов оптимизации, в частности топологической оптимизации, открывает широкие возможности для инноваций в проектировании и стимулирует появление качественно новых конструкций с улучшенными характеристиками.

ПК Ansys представляет собой не только мощный, но и весьма универсальный инструмент, способный эффективно справляться с самой разнообразной гаммой задач в области комплексной оптимизации для различных типов конструкций и сооружений [6]. При помощи Ansys открываются неизведанные горизонты в проектировании и оптимизации строительных сооружений, обеспечивая инженерам и дизайнерам уникальные возможности для создания инновационных и эффективных решений, способных значительно повысить качество и производительность проектов, также по-

звolyет разрабатывать более эффективные и экономически обоснованные проекты. В результате применения данного программного комплекса возможно разработать инновационные и оптимизированные проекты строительства, улучшая их производительность и экономическую эффективность [6].

В процессе формирования проекта, топологическая оптимизация позволяет выявить оптимальные решения для конструкции, учитывая заданные параметры и критерии, такие как минимизация использования материалов, повышение прочности и снижение веса. Этот метод позволяет избежать избыточного потребления ресурсов, экономя время и средства на разработку и производство. Топологическая оптимизация способствует созданию более эффективных и инновационных дизайнерских решений, обеспечивая компактность и оптимальные характеристики конструкции по заданным требованиям [5].

Примером может служить *торцовый блок промышленного здания*. Рама здания выполнена из колонн квадратного сечения 0,4×0,4 м и металлических ферм. Шаг рам в продольном направлении – 3 м. Рамы и фермы соединены между собой сплошными пластинчатыми элементами. Пролёт блока – 18 м.

Колонны и фермы аппроксимированы конечным элементом *BEAM 189* и относятся к неоптимизируемой области, пластинчатые конструкции – элементом *SHELL 93* с шагом сетки 0,2 м. Материал колонн и пластинчатых элементов бетон *B25*. На пролёт приложены четыре загрузки разных значений и направлений ветровой нагрузки.

Целью оптимизации является сокращение объема пластинчатых элементов заданного блока на 30–80 %. Результаты оптимизации представлены в виде топологических форм, отражающих внутренние псевдоплотности. Для каждого элемента псевдоплотности изменяются в пределах от 0 до 1; где $\eta_i \sim 0$ соответствует материалу для удаления (синий фон) и $\eta_i \sim 1$ – для материала, который оставляется (красный фон) [7]. Важно отметить, что эти решения могут значительно улучшить эффективность и экономичность проектируемых конструкций.

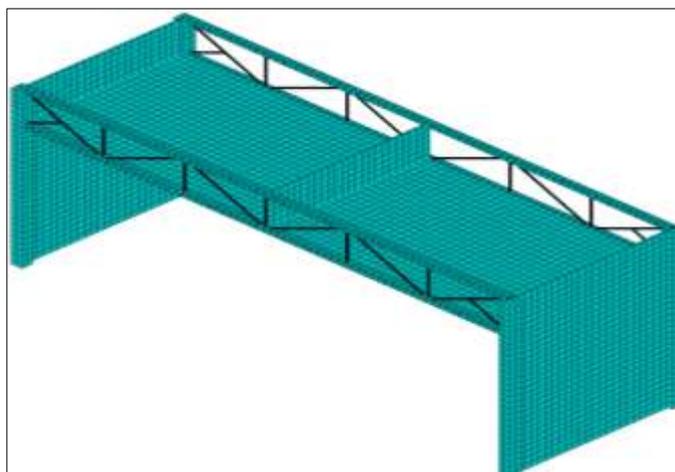


Рис. 1. Конечно-элементная модель торцового блока промышленного здания

Плита, шарнирно опёртая по контуру

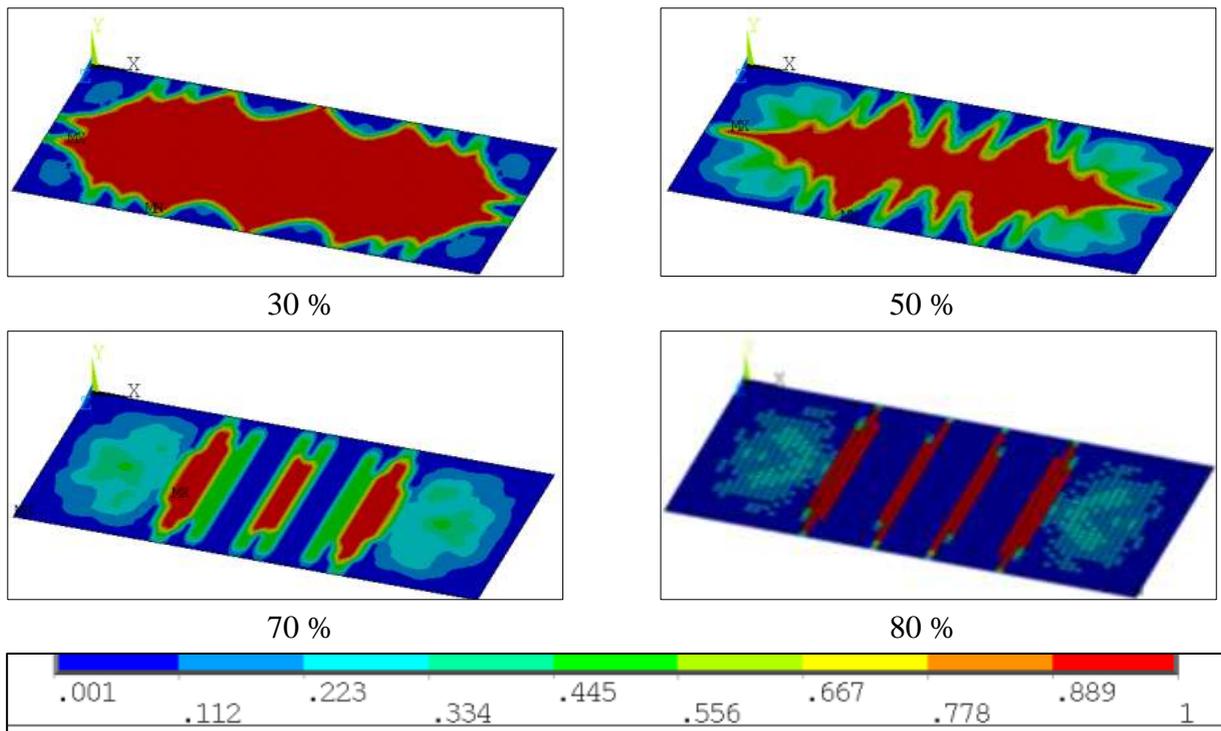


Рис. 3. Форма плиты, полученная при уменьшении объёма с 30 до 80 %

Шарнирно опёртая плита по коротким сторонам

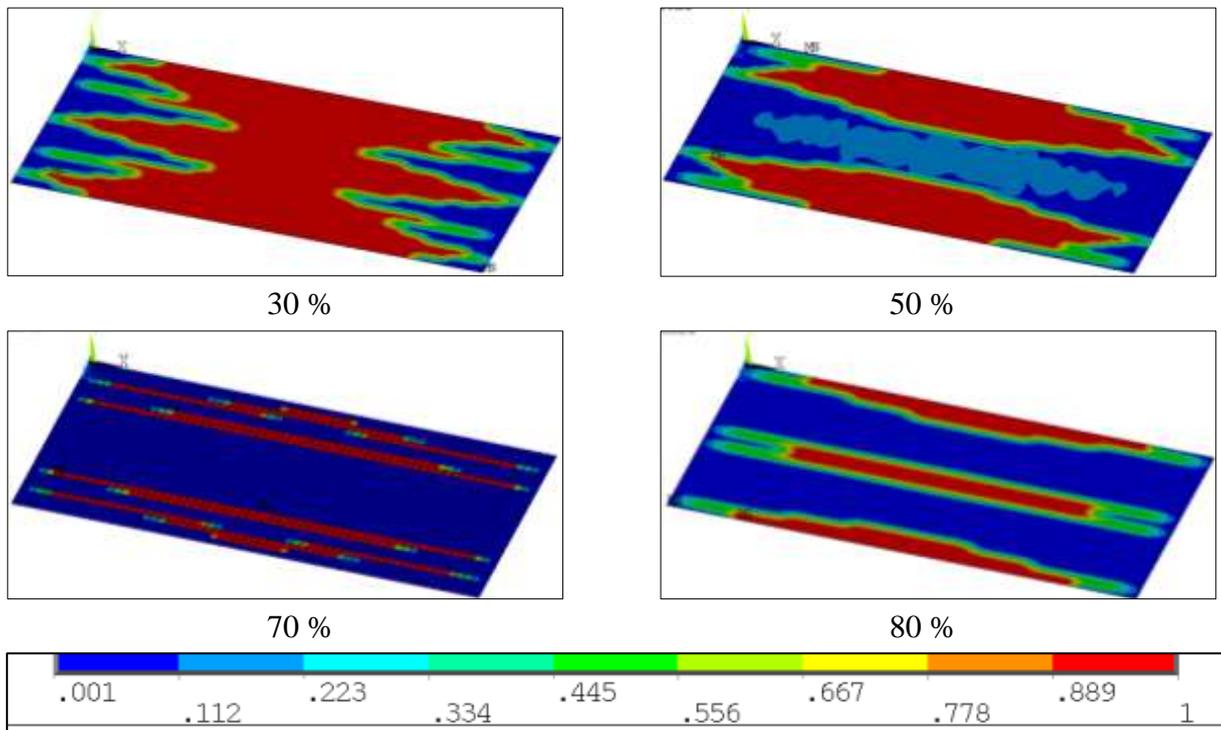


Рис. 4. Форма плиты, полученная при уменьшении объёма с 30 до 80 %

Изображения графиков псевдоплотностей наглядно демонстрируют области с экстремальным распределением материала на проектах плит. Таким образом, можно отчётливо выделить структурные особенности, соответствующие воздействию нагрузкам и граничным условиям. Наиболее выразительные примеры проявления этих особенностей можно увидеть в проектах плит перекрытия, где предусмотрено сокращение объёма материала на уровне от 70 до 80 %.

Список источников

1. Васильков Г. В. Становление структуры несущих систем в процессе проектирования / Г. В. Васильков, М. Ю. Иванов // Строительная механика и расчёт сооружений. 2008. № 2. С. 27–35.
2. Bendsoe M. P. Topology Optimization: Theory, Methods and Applications / M. P. Bendsoe, O. Sigmund. Germany: Springer, 1995. 370 p.
3. Gunwant D. Topology Optimization of Continuum Structures Using Optimality Criterion Approach in Ansys / D. Gunwant, A. Misra; Department of Mechanical Engineering, G. B. Pant University of Agriculture and Technology, Pantnagar // India International Journal of Advances in Engineering & Technology. 2012. Vol. 5. Iss. 1. Pp. 470–485.
4. Mallika A. Topology Optimization of Cylindrical Shells for Various Support Conditions / A. Mallika, N. R. Rao // International Journal of Civil and Structural Engineering. 2011. Vol. 2. No. 1.
5. Dhiman A. Topology Optimization of Bridge Structures Using Optimality Criteria Method / A. Dhiman, A. Misra // International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET). 2015. Vol. 3. Iss. 5.
6. Ansys 11. Theory Reference. Ansys Inc., 2006.

ИССЛЕДОВАНИЕ НДС МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Н. И. Марчук, канд. техн. наук, доцент;
А. В. Максимов, канд. техн. наук, доцент;
О. Д. Курбаковских, старший преподаватель;
Т. Т. Шириев, аспирант

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты расчёта 12-эт. здания, выполненного в ПК Ansys, на горизонтальное воздействие акселерограммы Эль-Центро, Калифорния.

Ключевые слова: динамический метод, сейсмостойкость акселерограмма землетрясения, форма колебаний, ПК Ansys

При расчёте и проектировании зданий и сооружений массового строительства в сейсмических районах применяется линейно-спектральный метод.

Поскольку во время мощных землетрясений допускается возможность работы материала конструкций за пределами упругости, это, в свою очередь, может привести к повреждению отдельных опорных элементов несущих конструкций, что требует учёта нелинейного характера деформирования несущих конструкций. Однако, линейно-спектральный метод расчёта на сейсмостойкость не позволяет напрямую учитывать нелинейный характер деформирования конструкций.

Анализ последствий катастрофических землетрясений (например, Спитакского 1988 г.) показал, что некоторые конструкции, несмотря на то, что спроектированы в соответствии с действующими стандартами, могут испытывать недостаток несущей способности, обусловленный отсутствием анализа с использованием нелинейного расчёта.

Таким образом, для получения валидных результатов расчётов зданий и сооружений в сейсмических районах необходимо применять расчётные схемы с верифицированными нелинейными моделями материалов. Так, для бетона следует использовать нелинейные модели материала учитывающие: упрочнение, накопление повреждений при циклических нагрузках, деградацию прочности и жёсткости. Для арматуры и стального проката необходимо применять модели материала с учётом упрочнения и ограничения пластических деформаций.

Динамический метод [1; 2], который основывается на численном интегрировании уравнения движения динамической системы, позволяет учитывать пластические деформации конструкций под действием сейсмических нагрузок.

Рассмотрим расчёт 12-эт. каркасного здания (см. рис. 1, а), принимая во внимание упругопластические деформации (диаграмма упругопластического деформирования элементов приведена на рис. 1, б), с использованием динамического метода на основе горизонтального воздействия акселерограммы землетрясения Эль-Центро, Калифорния (1940 г.).

Габариты здания составляют 18 м в длину и ширину, высота этажа – 3,6 м, шаг колонн – 4,5 м в поперечном и продольном направлениях. Колонны выполнены из двутавров колонных 35К1, ригели – из двутавров балочных 20Б1. При расчёте здания учитывались собственный вес ограждающих и несущих конструкций, снеговая нагрузка и полезная нагрузка на перекрытия.

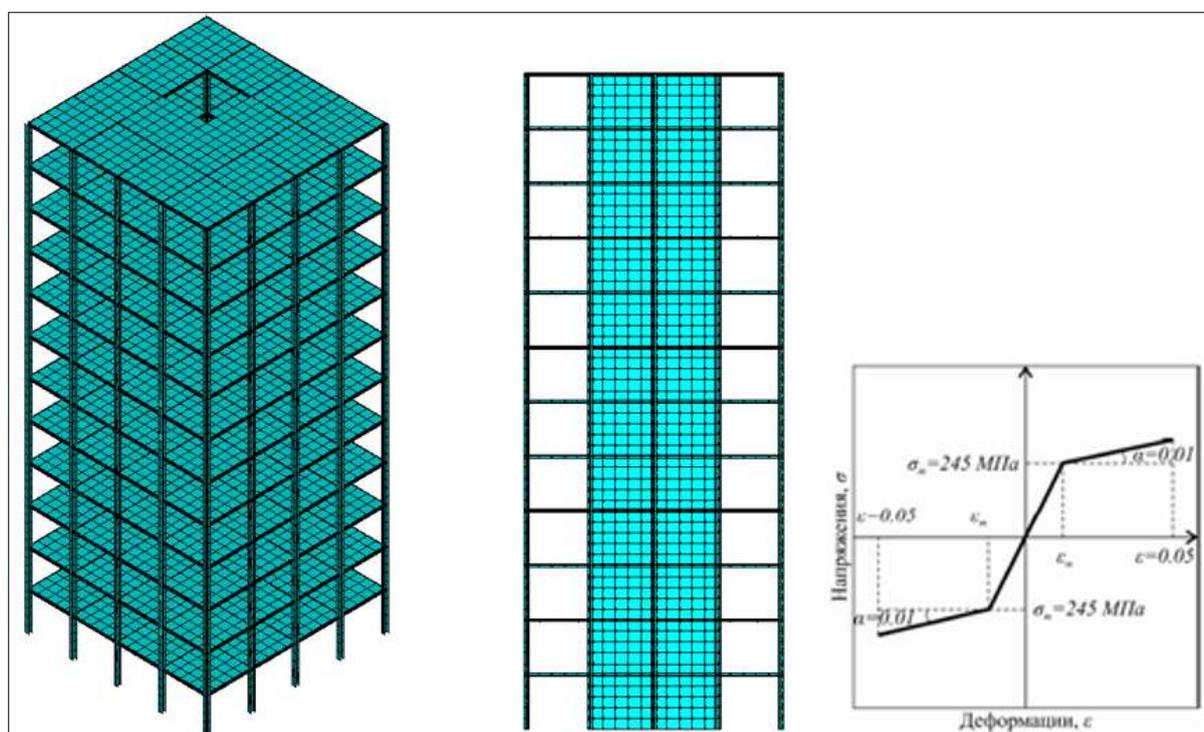


Рис. 1. Расчётная схема здания

Расчёты были выполнены в ПК *Ansys* [6; 7] методом Ньюмарка, реализующего неявную схему интегрирования основного уравнения динамики в модуле *Transient Structural*, с учётом затухания колебаний по методу Релея, при параметре затухания $\xi = 5\%$.

Конечно-элементная модель здания состоит из 19 492 конечных элементов, общее число узлов – 21 618. Плитные элементы каркаса здания аппроксимированы элементами *SHELL 181*, колонны и балки – элементами *BEAM 188*.

Изначально был выполнен расчёт на собственные колебания для определения динамических характеристик здания, таких как собственные частоты и формы колебаний, что показывает работоспособность и жёсткость здания в различных направлениях. Полученные результаты расчёта частот и периодов представлены в табл. 1.

Период и частота собственных колебаний

Форма	Частота		Период (с)
	(рад/с)	(Гц)	
1	2,361	0,3759	2,660
2	5,418	0,8628	1,159
3	5,524	0,8797	1,137

Период основного тона колебаний составил 2,66 с в соответствии с приведёнными расчётами.

Собственные формы колебаний здания приведены на рис. 2, где *а* – 1-я форма колебаний здания; *б* – 2-я; *в* – 3-я.

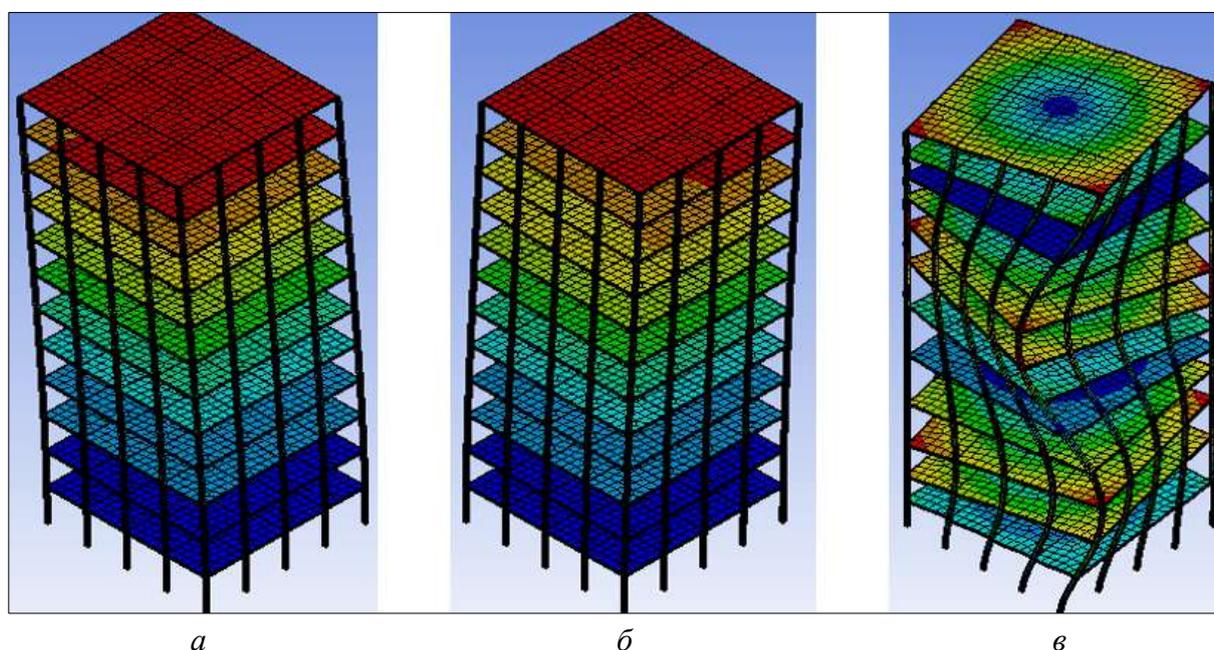


Рис. 2. Собственные формы колебаний здания

На основе вышеописанного можно сделать вывод о том, что принятое конструктивное решение 12-эт. здания является рациональным, т. к. 1-я форма колебаний – изгибная. Доказательства можно найти в приведённых работах по расчёту высотных зданий [4].

Перемещения расчётной схемы здания и распределение напряжений по Мизесу представлены на рис. 3.

На рис. 4 и 5 приведены графики перемещений и напряжений по Мизесу соответственно.

Из графика видно, что максимальное горизонтальное перемещение в направлении сейсмического воздействия составляет 261,3 мм и достигается на 4,86 с.

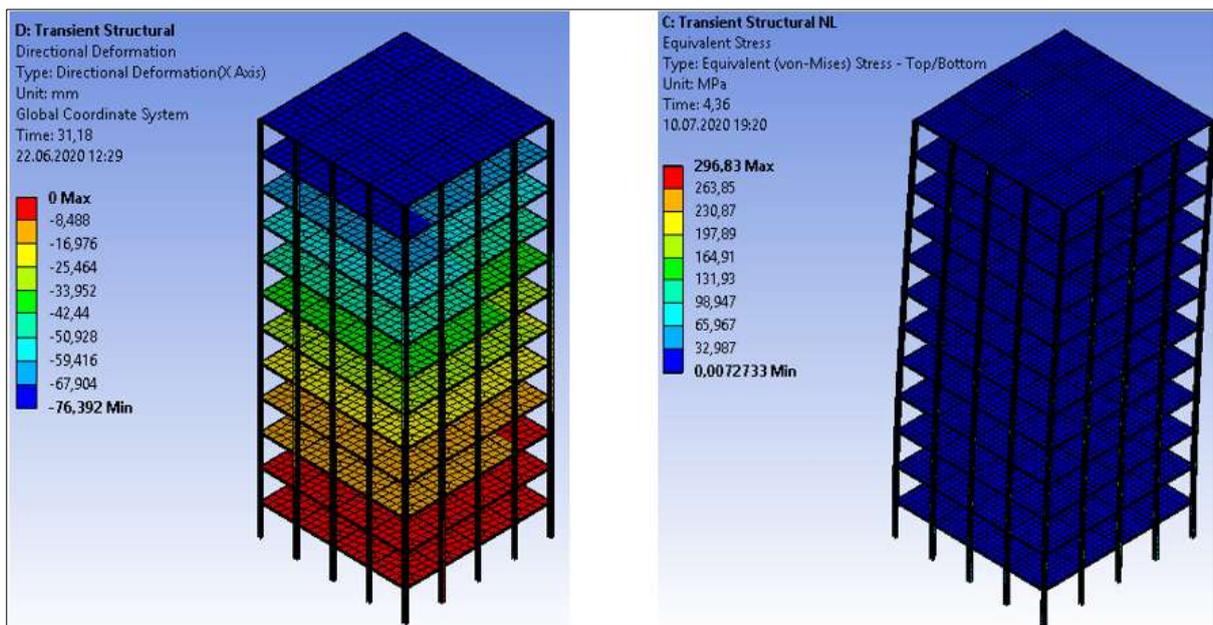


Рис. 3: *а* – отображение перемещений в расчётной схеме здания;
б – распределение напряжений по Мизесу

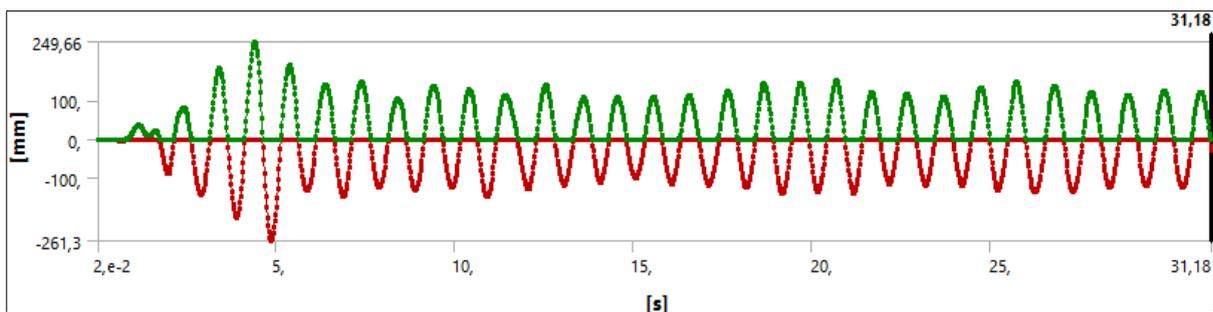


Рис. 4. График изменения горизонтальных перемещений верха здания во времени

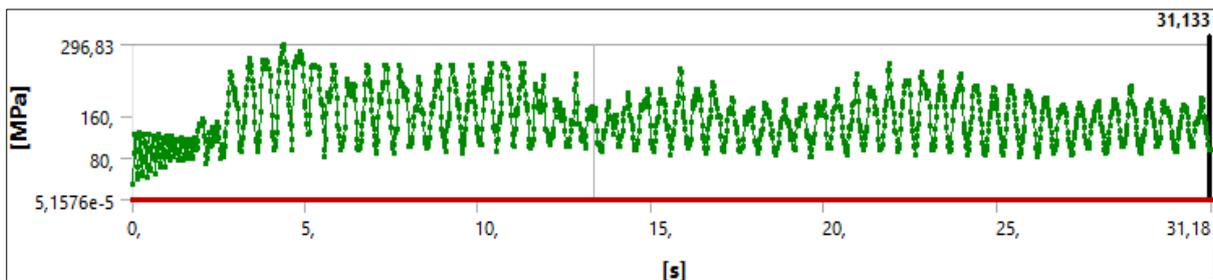


Рис. 5. График изменения напряжений по Мизесу во времени

Максимальное напряжение по Мизесу возникает на 4,36 с и составляет 296,83 МПа.

Анализ графиков перемещений и напряжений в сопоставлении с акселерограммой землетрясения показывает, что при её воздействии происходит эффект «раскачивания» здания.

Список источников

1. Клаф Р. Динамика сооружений / Р. Клаф, Д. Пензиан. М.: Стройиздат, 1979. 320 с.
2. Мкртычев О. В. Оценка работы зданий и сооружений за пределами упругости при сейсмических воздействиях / О. В. Мкртычев, Г. А. Джинчвелашвили // Theoretical Foundation of Civil Engineering: 21st Russian–Slovak–Polish Seminar. Moscow; Archangelsk, 2012. Pp. 177–186.
3. Мкртычев О. В. Расчёт уникального высотного здания на землетрясения в нелинейной динамической постановке / О. В. Мкртычев, М. И. Андреев // Вестник МГСУ. 2016. № 6. С. 25–33.
4. Clough R. W. Dynamics of Structures / R. W. Clough, J. Penzien. 3rd ed. Berkeley, USA: Computers & Structures, Inc.; University Avenue, 1995. 752 p.
5. Newmark N. M. Earthquake Spectra and Design / N. M. Newmark, W. J. Hall. Berkeley, USA: Earthquake Engineering Research Center; Institute Berkeley, 1982.
6. Федорова Н. Н. Основы работы в Ansys 17 / Н. Н. Федорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов и др. М.: ДМК Пресс, 2017. 210 с.

УСИЛЕНИЕ РАСТЯНУТЫХ ЗОН ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРЕДНАПРЯЖЁННЫМИ ТЯЖАМИ

А. А. Михнеева, магистрант

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В статье рассматривается метод усиления железобетонных конструкций с использованием преднапряжённых тяжей. Исследование направлено на повышение несущей способности и долговечности конструктивных элементов зданий, сооружений.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, усиление, преднапряжённые тяжи, трещиностойкость, несущая способность

За длительный срок эксплуатации во многих железобетонных конструкциях, подверженных возникновению растянутых усилий и напряжений, появляются различные дефекты, снижающие их несущую способность. Такие дефекты и повреждения могут привести существующие конструкции в аварийное состояние.

Необходимость усиления растянутых зон железобетонных конструкций может быть вызвана целым рядом существенных причин: создание условий безопасного пребывания людей у основания конструкции; ликвидация угрозы обрушения; повышение надежности и долговечности.

В настоящее время накоплен достаточно большой опыт по применению и проектированию различных способов усиления строительных конструкций, но обращая внимание на усиление отдельных конструкций, видно, что во многих сборниках и справочниках по усилению строительных конструкций зачастую уделено малое внимание способам, включающим преднапряжение, а существующие известные способы усиления имеют ряд существенных недостатков.

Анализ преимуществ и недостатков существующих исследований позволил выполнить разработку эффективных способов усиления, превосходящих по ряду параметров существующие методы. Основной технической задачей при разработке новых способов усиления является: снижение металлоёмкости, трудоёмкости и, как следствие, сокращение сроков и стоимости ремонта, сохранение прочностных свойств конструкций, расширение области применимости усиления, увеличение срока эксплуатации. Существующие способы, как правило, предназначены для повышения несущей способности за счёт наращивания сечения, устройства разгрузочных площадок, а укрепление с помощью преднапряжённых тяжей для увеличения жёсткости и трещиностойкости конструкции в литературе редко упоминается.

Схема усиления участка кирпичной стены (рис. 1, 2) представляет собой устройство преднапряжённых тяжей Т-1 (поз. 1) в горизонтальных штробах, выполненных в кирпичной кладке стены, соединённых между собой сквозными стержнями из арматурной проволоки (поз. 2). Предварительное натяжение тяжей Т-1 создаётся путём равномерного и последовательного затягивания гаек с двух сторон тяжей тарировочным ключом до момента $M = 8 \text{ Н}\times\text{м}$. На последнем этапе выполняется оштукатуривание ремонтируемого участка стены по стеклосетке.

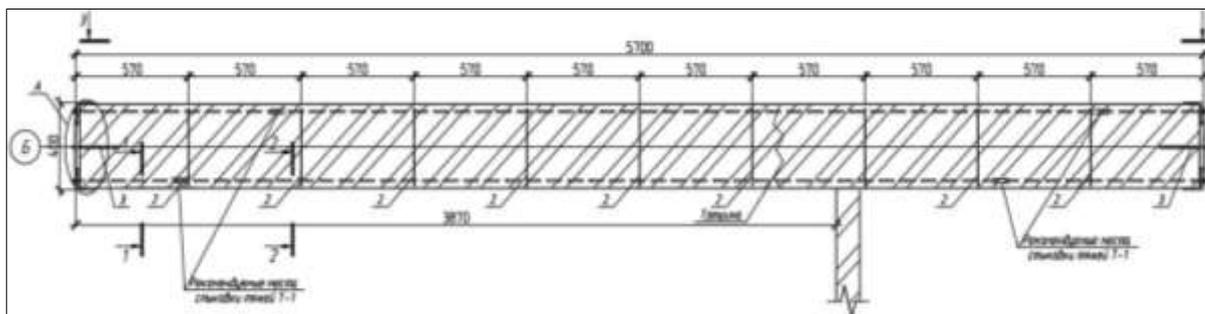


Рис. 1. Схема усиления участка стены с трещиной:

- 2 – стержни из арматурной проволоки $\varnothing 4$ В-500 ГОСТ 34 028-2016 $L = 450$ мм;
- 3 – шпилька М10 8.8, $L = 350$ мм

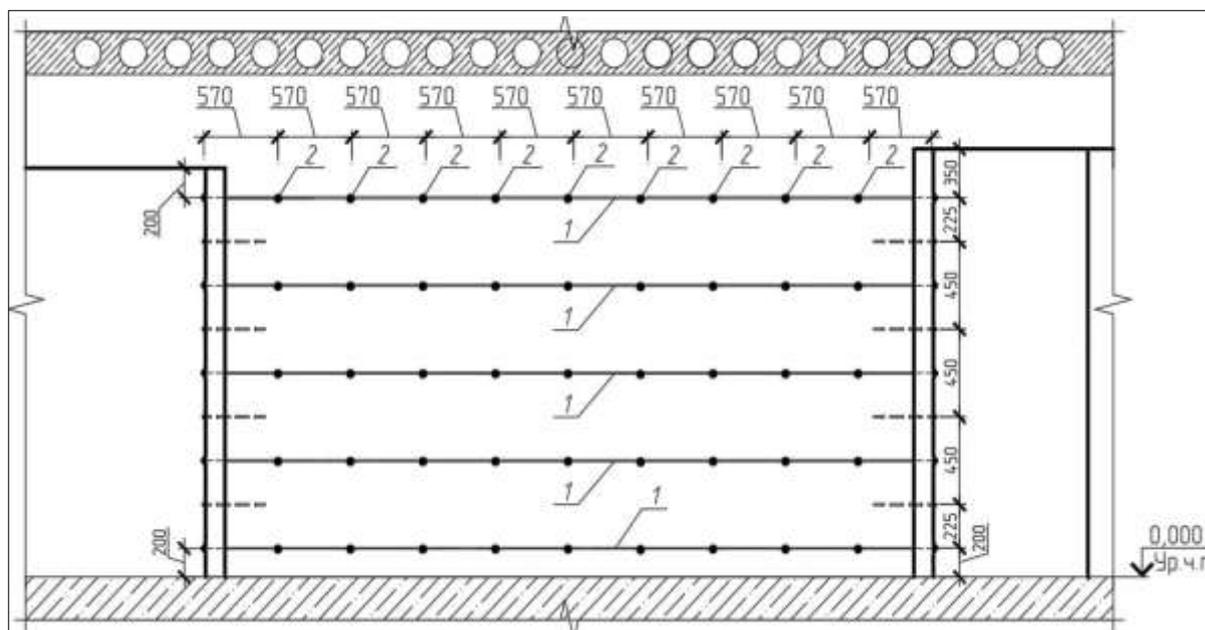


Рис. 2. Разрез 3-3: 1 – тяж Т-1;

- 2 – стержни из арматурной проволоки $\varnothing 4$ В-500 ГОСТ 34 028-2016 $L = 450$ мм

Данный способ применим для усиления кирпичных стен с образовавшимися вертикальными трещинами, а также усиления из-за предполагаемого увеличения нагрузок на стену.

Список источников

1. Беленя Е. И. Предварительно напряжённые металлические несущие конструкции: моногр. М.: Госстройиздат, 1963.
2. Мальганов А. И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий: атлас схем и чертежей / А. И. Мальганов, В. С. Плевков, А. И. Полищук. Томск, 1990.
3. Воеводин А. А. Предварительно напряжённые системы элементов конструкций: моногр. М.: Стройиздат, 1963.
4. Михайлов В. В. Предварительно напряжённые железобетонные конструкции (теория, расчёт и подбор сечений): моногр. 2-е изд. М.: Стройиздат, 1978.
5. Патент 188 967. РФ, U1, E02D 29/02. Усиленная конструкция подпорной стенки / О. М. Преснов, Н. Д. Высокинский, О. Р. Толочко; заявл. 25.12.2018; опубл. 30.04.2019. Бюл. № 13. 6 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДВУТАВРОВ ИЗ CLT-ПАНЕЛЕЙ КАК НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СТЕН СБОРНОГО МАЛОЭТАЖНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ

Д. О. Морев, магистрант

Вологодский государственный университет, Вологда, Россия

Аннотация. В данной работе рассматривается анализ различных вариантов сборных двутавров из CLT-панелей, исходя из которого определяется оптимальный вариант конструкции. Расчёт проводится с использованием расчётного комплекса Dlubal RFEM 6 для определения вертикальной несущей способности в предельном состоянии.

Ключевые слова: двутавры из CLT-панелей, несущая способность, предельное состояние, сравнительный анализ, деформации

Сборные CLT-элементы представляют собой сборные элементы, состоящие из двух трёхслойных панелей из массивных деревянных досок, которые скрепляются друг с другом с помощью вклеенных деревянных элементов. Элементы заполняются теплоизоляцией на месте после монтажа.

Актуальность данной работы заключается в определении величины вертикальной несущей способности в предельном состоянии для нового материала в индивидуальном строительстве и дальнейшая популяризация данного вида зданий.

Для исследования были отобраны варианты конструкции:

- сборный CLT-элемент с ребром из деревянных вкладышей (бобышек) с определённым шагом (рис. 1);
- сборный CLT-элемент с ребром из парных деревянных шпилек (шкантов) с определённым шагом (рис. 2).

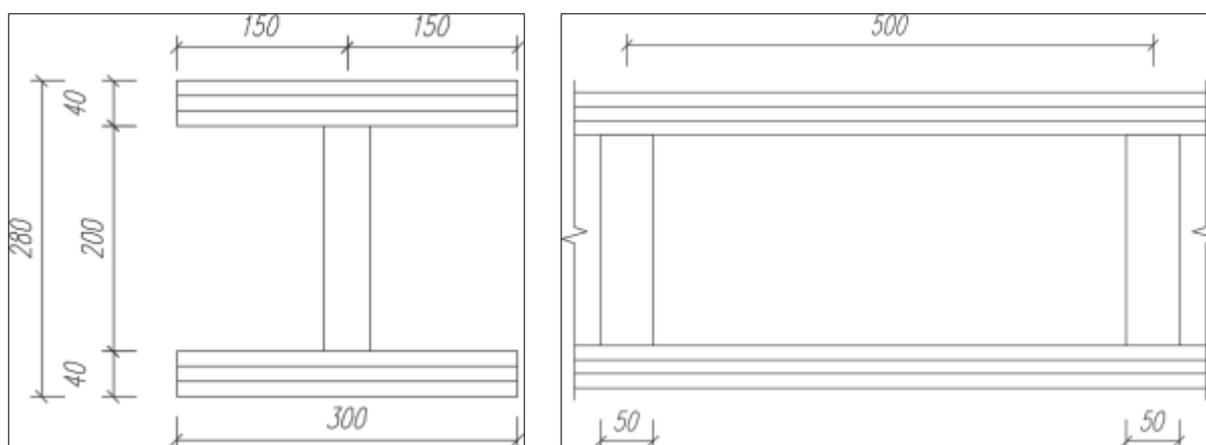


Рис. 1. Вариант конструкции на вкладышах

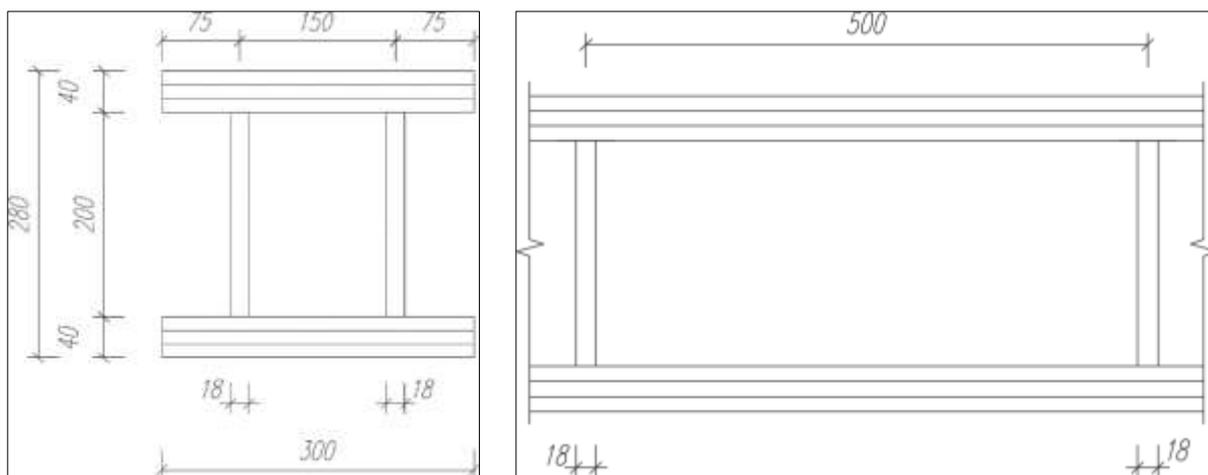


Рис. 2. Вариант конструкции на парных шпильках

Основными задачами данной работы выступают:

- 1) определение величины вертикальной несущей способности в предельном состоянии данных *CLT*-элементов;
- 2) определение оптимального варианта сборного двутавра из *CLT*-панели с опорой на данные о несущей способности конструкции;
- 3) стандартизация размеров и конструкции сборных *CLT*-панелей и определение области эффективного использования.

Методология исследования включает в себя расчёт несущей способности в программном комплексе *Dlubal RFEM 6*. В данном программном комплексе определяются предельные значения несущей способности.

Общие деформации выбранных вариантов конструкций представлены на рис. 3, 4.

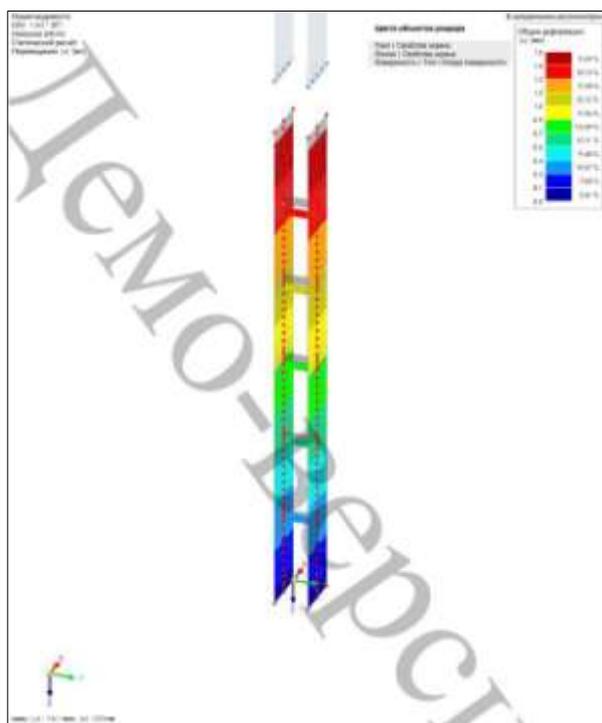


Рис. 3. Общие деформации конструкции на вкладышах

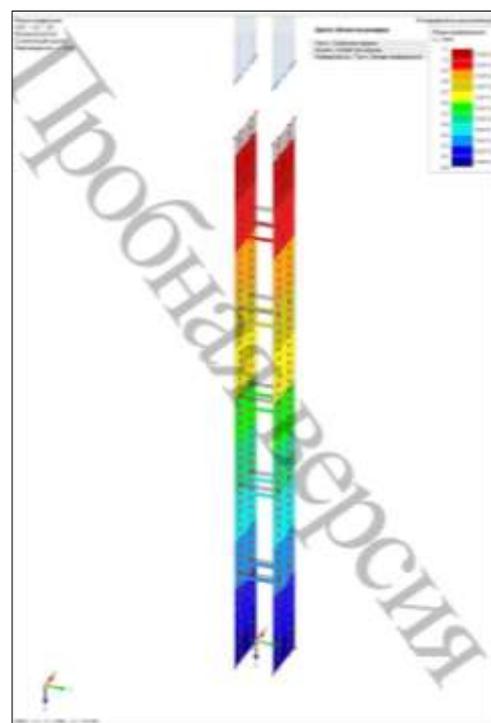


Рис. 4. Общие деформации конструкции на парных шпильках

В результате проведённого расчёта получены следующие данные:

– для элемента с ребром из деревянных вкладышей максимальное значение несущей способности – 80,27 кН/элемент;

– для элемента с ребром из парных шпилек максимальное значение несущей способности – 60,10 кН/элемент.

Исходя из полученных результатов вариант конструкции с ребром из деревянных вкладышей наиболее эффективно проявляет себя при программном расчёте на несущую способность в предельном состоянии.

Список источников

1. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Актуал. ред. СНиП II-25-80. М.: РСТ, 2024. 105 с.

2. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуал. ред. СНиП 2.01.07-85*. М.: Стандартиформ, 2018. 94 с.

3. Турковский С. Б. Клеёные деревянные конструкции с узлами на клеенных стержнях в современном строительстве (система ЦНИИСК) / С. Б. Турковский, А. А. Погорельцев, И. П. Преображенская. М.: Стройматериалы, 2013. 300 с.

4. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. М.: Стройиздат, 1981. 42 с.

5. Blaß H. Tragfähigkeit von Stiftförmigen Verbindungsmitteln in Brettsperrholz / H. Blaß, T. Uibel; Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen, Universität Karlsruhe (TH). 2007. 193 p.

РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ СТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

В. И. Палагушкин, канд. техн. наук, доцент;

С. В. Григорьев, канд. техн. наук, доцент;

В. Е. Зобнина, магистрант

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Выполнен анализ различных способов регулирования напряжённно-деформированного состояния строительных конструкций. Для расчёта конструкции пешеходного моста выбран способ предварительного натяжения вант.

Ключевые слова: конструкции, регулирование, напряжённно-деформированное состояние, Ansys, поля напряжений

Регулируемую конструкцию можно контролировать в процессе её эксплуатации благодаря вводу изменяющихся параметров, тогда как в традиционном строительстве изменять напряжённное состояние конструкций возможно только в процессе их проектирования и монтажа.

Из способов регулирования в большей степени распространён метод предварительного напряжения. Используя преднапряжение конструкций, можно снизить их массу, стоимость, возникающие деформации, а также увеличить их жёсткость и устойчивость. Большое количество методов создания предварительного напряжения позволяет использовать его в самых различных видах строительных конструкций – например, вантовых мостах [1].

Регулирование НДС конструкций может производиться на любом этапе жизненного цикла строительных конструкций.

В данной работе были выбраны программные комплексы *SCAD* и *Ansys*. *Ansys* – конечно-элементный программный комплекс, который связывает и объединяет множество приложений для расчёта задач, а также имеет один из наиболее полных и эффективных инструментариев. *SCAD* позволяет производить расчёт напряжённно-деформированного состояния (НДС) конструкций из различных материалов, включая стержневые, пластинчатые, твердотельные и комбинированные конструкции. Неоспоримыми преимуществами данного комплекса для российских проектировщиков являются его локализация в соответствии с российскими стандартами проектирования и наличие русскоязычной версии.

Выполненный обзор литературных источников, в котором был отобран Российский и зарубежный опыт проектирования и создания предварительно напряженных строительных конструкций, позволил авторам применить метод преднапряжения вант при исследовании пешеходного

моста в Красноярске [2]. Объектом исследования выбран пешеходный мост «Арфа». Это вантовый мост, который состоит из более 4 тыс. алюминиевых деталей, его длина – 65,9 м, ширина – 6 м, длина лестничных сходов – 4 м.



Рис. 1. Объект исследования

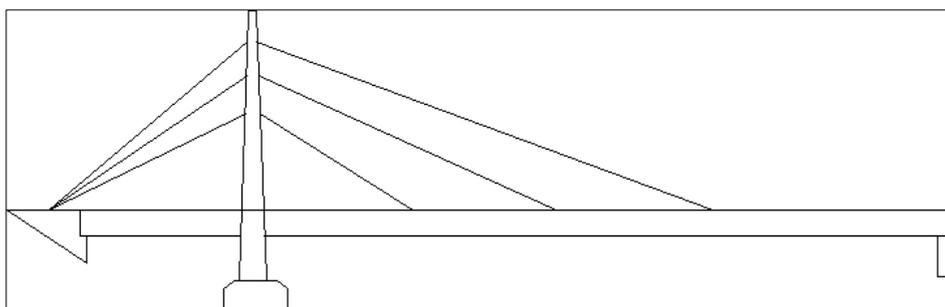


Рис. 2. Расчётная схема моста

Решение задач в ПК *Ansys* делится на три этапа. 1-м этапом решения задачи является создание геометрической модели или импорт готовой модели из сторонних *CAD*-систем. На 2-м этапе выполняется пространственная дискретизация расчётной области. Далее производится описание математической модели и подбирается необходимый расчётный модуль. Процесс расчёта является полностью автоматизированным. 3-м этапом является анализ полученных результатов [3].

Замоделирована пространственная модель пешеходного моста с подвесками в ПК *Ansys*. Физический тип задачи – механика деформируемого тела. Конструкции пролетного строения: плита прохода замоделирована восьми узловыми конечными оболочечными элементами *SHELL*, работающими на растяжение-сжатие и изгиб в двух направлениях; элементы арок, затяжки, продольных связей и поперечных балок представлены балочными элементами *BEAM* [4].

Для решения задачи регулирования напряжённо-деформированного состояния моста предварительным напряжением подвесок проводятся следующие расчеты в ПК *Ansys*:

- 1) статический расчёт стержневой расчётной схемы моста;
- 2) статический расчёт стержневой расчётной схемы моста с учётом предварительного напряжения подвесок.

Результаты выполненного статического расчёта плиты приведены на рис. 3, 4.

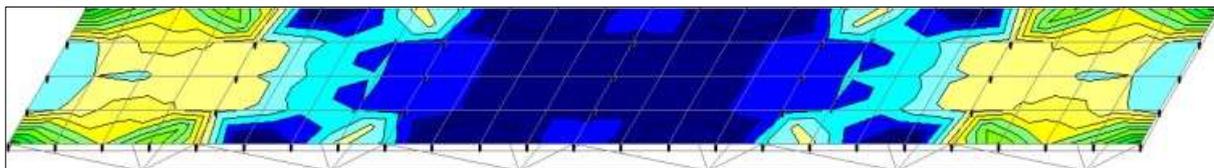


Рис. 3. Поля напряжений N^1



Рис. 4. Поля напряжений M^1

Как видно из анализа приведённых полей напряжений (рис. 3, 4), величина напряжений в центре плиты в 2 раза больше напряжений, возникающих в середине крайних пролётов.

Для создания равнопрочной конструкции решена задача их выравнивания с помощью преднапряжения в вантах.

Под действием приложенной внешней нагрузки и найденных усилий преднапряжения в плите возникают новые напряжения (рис. 5).

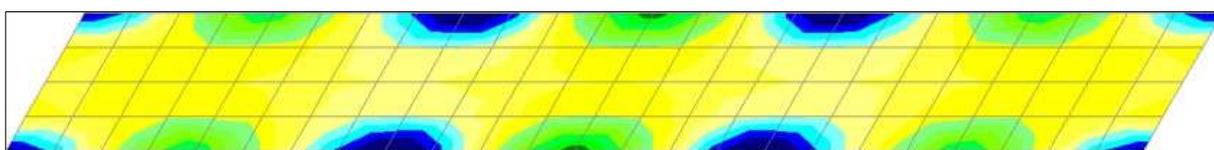


Рис. 5. Поля напряжений $N^{ок}$

Как видно из поля напряжений $N^{ок}$, цель регулирования достигнута. Конструкция стала равнопрочной.

Список источников

1. Абовский Н. П. Современные аспекты активного обучения. Строительная механика. Теория упругости. Управление строительными конструкциями: учеб. пособие / Н. П. Абовский и др. 2-е изд. Красноярск: СФУ, 2007. 472 с.

2. Гайдаров Ю. В. Предварительно напряжённые металлические конструкции: моногр. Л.: Стройиздат, 1971. 145 с.

3. Марчук Н. И. Решение задач регулирования напряжённно-деформированного состояния конструкций с использованием ПЭВМ / Н. И. Марчук, Д. П. Фиферова, И. А. Тиунова // Молодёжь и наука: матер. 10-й всеросс. НТК с междунар. уч. Красноярск: СФУ, 2014.

4. Козьмин Н. А. Определение усилий регулирования для вантового пролётного строения пешеходного моста, сооружаемого на временных опорах // Вестник ТГАСУ. 2011. № 4. С. 187–197.

ЭФФЕКТИВНАЯ ФОРМА ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ КОЛОНН МНОГОЭТАЖНЫХ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КАРКАСОВ

Е. Г. Плясунов, канд. техн. наук, доцент;

О. А. Лозовая, магистрант

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Цель исследования заключается в выявлении наиболее эффективной формы поперечного сечения монолитных железобетонных колонн в многоэтажных каркасах. Собраны данные об актуальности проблемы. Созданы расчётные модели с кольцевой, круглой и двутавровой формой поперечного сечения колонны, проведены численные эксперименты в ПК SCAD, выполнен анализ полученных результатов для достижения поставленной цели. Выявлено, что наиболее эффективной формой поперечного сечения монолитной железобетонной колонны из всех исследуемых вариантов является двутавровая форма поперечного сечения.

Ключевые слова: *монолитный железобетон, колонна, поперечное сечение, армирование, перемещения*

В современном строительстве всё чаще применяется монолитный железобетон ввиду своих преимуществ в соответствии с данными, представленными в исследовании [1]. Основными несущими вертикальными конструкциями в монолитных многоэтажных зданиях являются стены, колонны, пилоны. В целях оптимизации процесса проектирования и сокращения сроков разработки проектов конструктора в основном применяют распространенные формы сечения: колонна – квадратное, прямоугольное. В случае если не хватает несущей способности конструкции, то меняют размеры сечения, занимая больше пространства и увеличивая материальные затраты.

Существует множество различных форм сечений колонн, которые могут быть применены в проектировании, однако им не уделяется должного внимания. В данной работе рассмотрим несколько форм поперечных сечений колонн с целью определения наиболее эффективного для многоэтажного монолитного железобетонного каркаса.

Для численных исследований примем типовой план здания, где несущими вертикальными элементами являются стены и колонны. Конструктивная схема здания – связевый каркас с железобетонными простенками и ядром жесткости. Конструктивная система здания – колонная.

Пространственная жесткость зданий обеспечивается совместной работой колонн, железобетонных простенков, диафрагм, ядром жёсткости и плит перекрытия из монолитного железобетона, образующих геометрически неизменяемую систему. Расчёты были проведены в ПК SCAD.

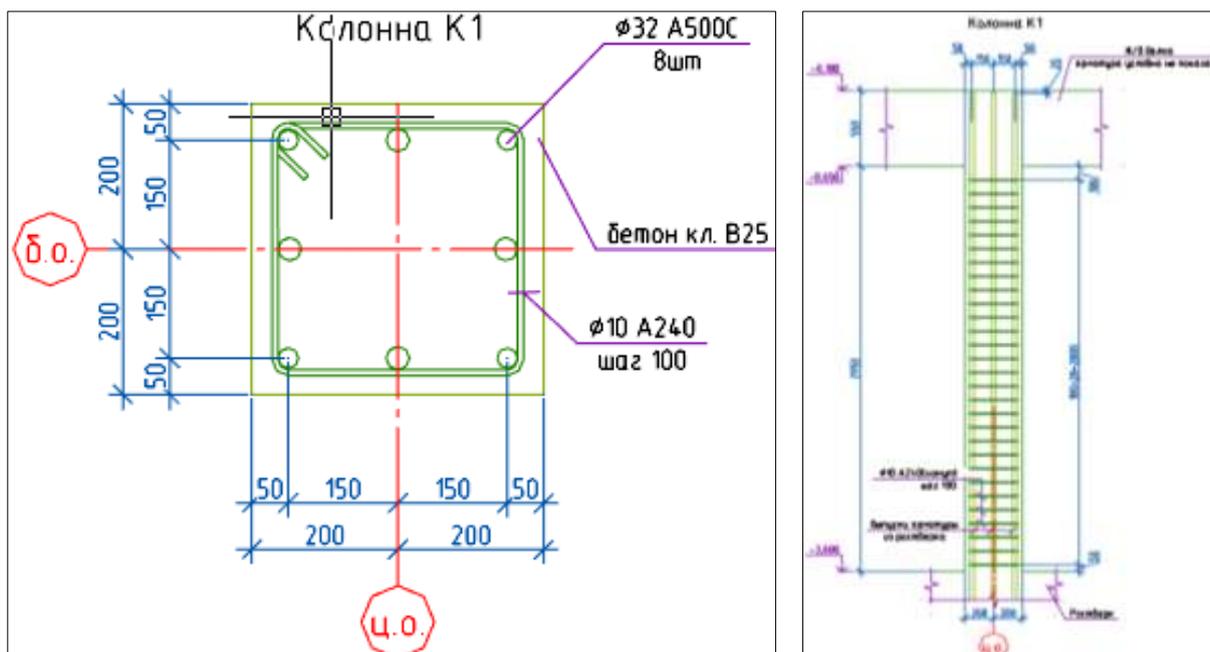


Рис. 1. Принципиальные схемы армирования колонн квадратного поперечного сечения на типовом этаже

Первой формой колонн, которую мы рассмотрим, будет кольцевая форма поперечного сечения колонны.

В [2] были исследованы колонны круглого и кольцевого сечения на прочность. Результатами исследования является подтверждение зависимости несущей способности колонны круглого сечения от правильно подобранного армирования. В данной статье также будут рассматриваться поперечные сечения круглые и кольцевые как одни из основных.

Мы задали план здания с измененной формой колонн, как показано на рис. 2, в постпрограмме «Форум» и перевели схему в ПК SCAD. В ходе расчёта было выявлено, что необходимые размеры поперечного сечения отличаются от изначально принятых, перемещение незаармированного бетона по оси Z представлено на рис. 3 и составляет 121,963 мм, сечение кольцевой колонны и полученное армирование представлено на рис. 4.

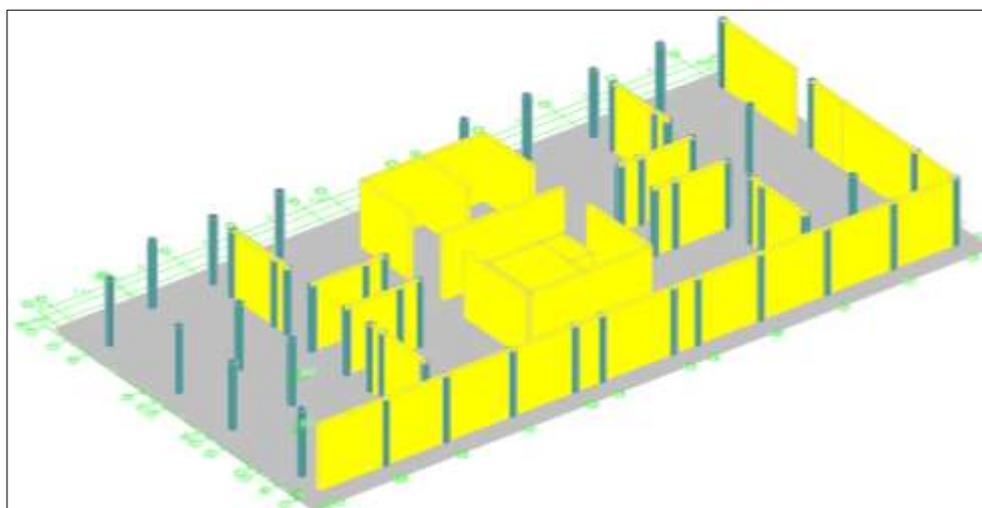


Рис. 2. План здания с кольцевым поперечным сечением колонн

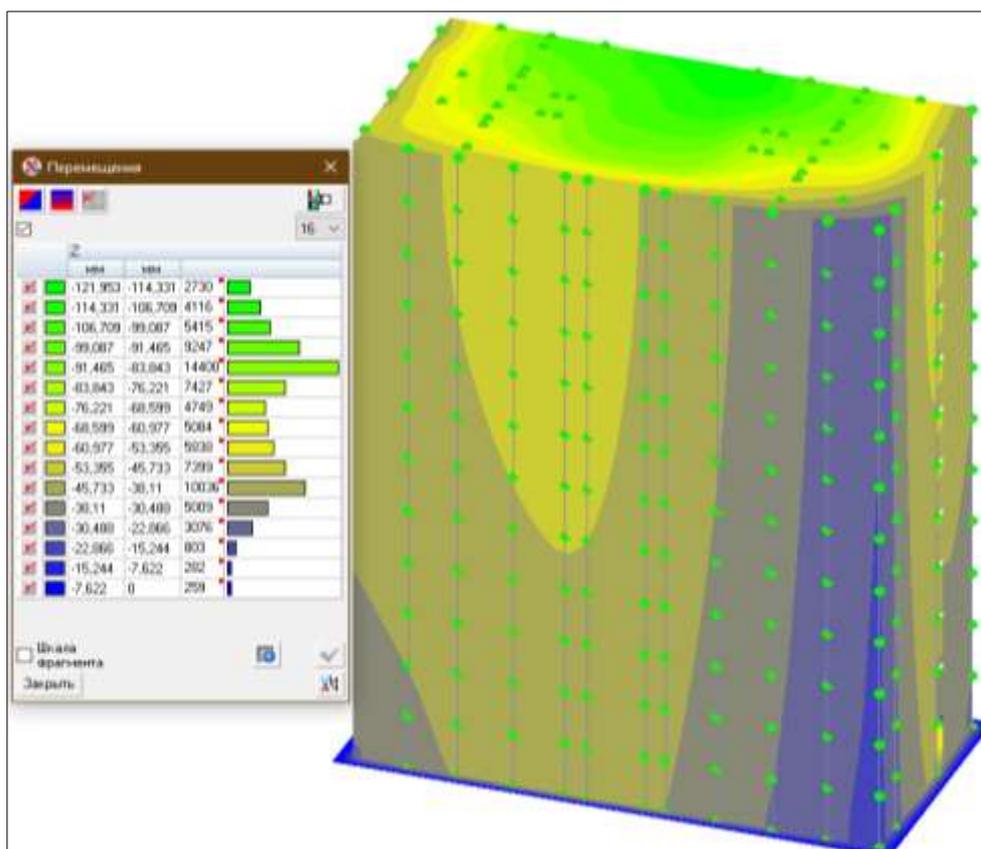


Рис. 3. Перемещения при кольцевой форме поперечного сечения монолитной железобетонной колонны

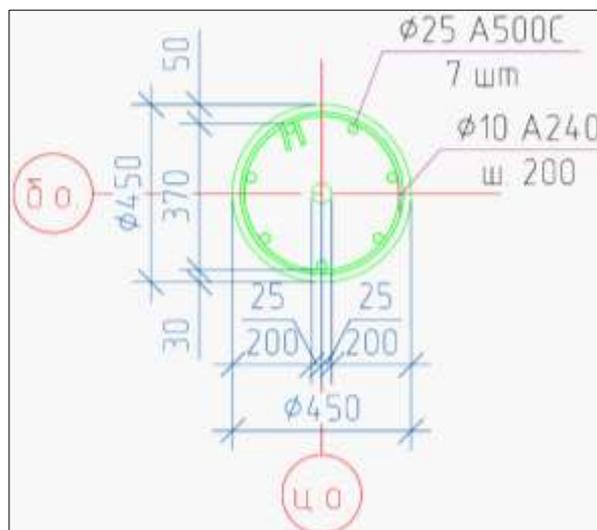


Рис. 4. Принципиальная схема армирования колонны кольцевого поперечного сечения, полученная из расчётов

Второй формой колонн, которую мы проверили, была круглая форма поперечного сечения колонн.

Задали схему здания, нагрузки и комбинации нагрузок аналогично предыдущей схеме.

Перемещения незаармированного бетона по оси Z – 134,438 мм, что больше перемещений, полученных при кольцевой форме поперечного сечения колонн.

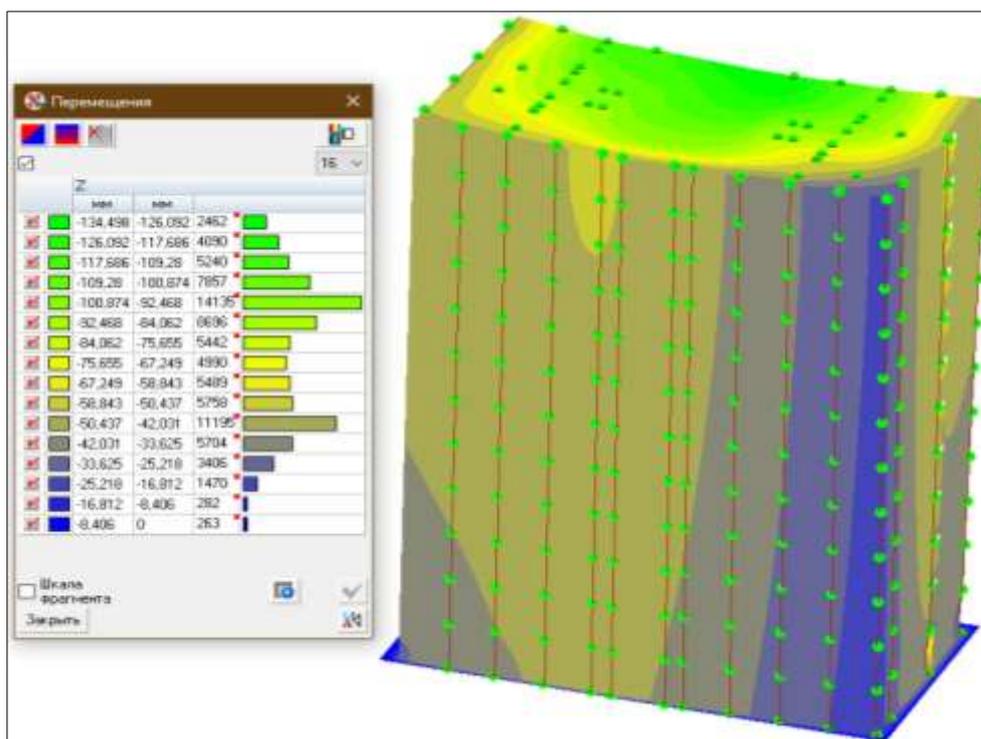


Рис. 5. Перемещения при круглой форме поперечного сечения монолитной железобетонной колонны

Армирование круглой формы поперечного сечения колонны подобрано так, как представлено на рис. 6.

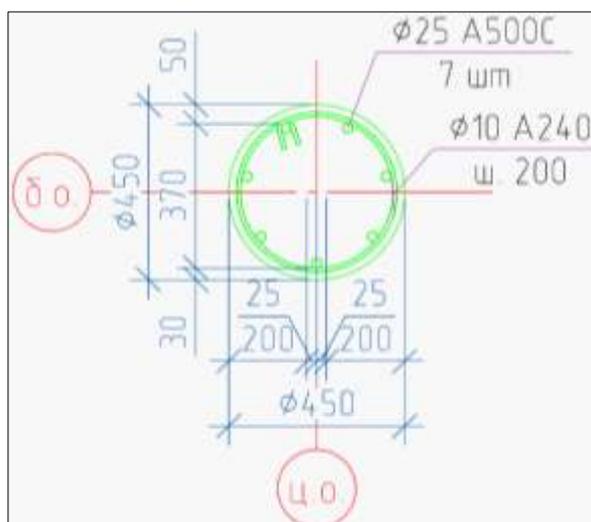


Рис. 6. Принципиальная схема армирования колонны круглого поперечного сечения, полученная из расчётов

Аналогичные расчёты проводим для схемы с двутавровыми колоннами и подбираем армирование для третьей формы поперечного сечения. Стоит отметить, что авторы в работе [3] говорят, что существует множество исследований железобетонных колонн прямоугольного, квадратного и круглого сечения, исследований же других форм поперечных сечений, в частности двутаврового, нет.

Перемещение для двутавровых колонн составляет 108,787 мм.

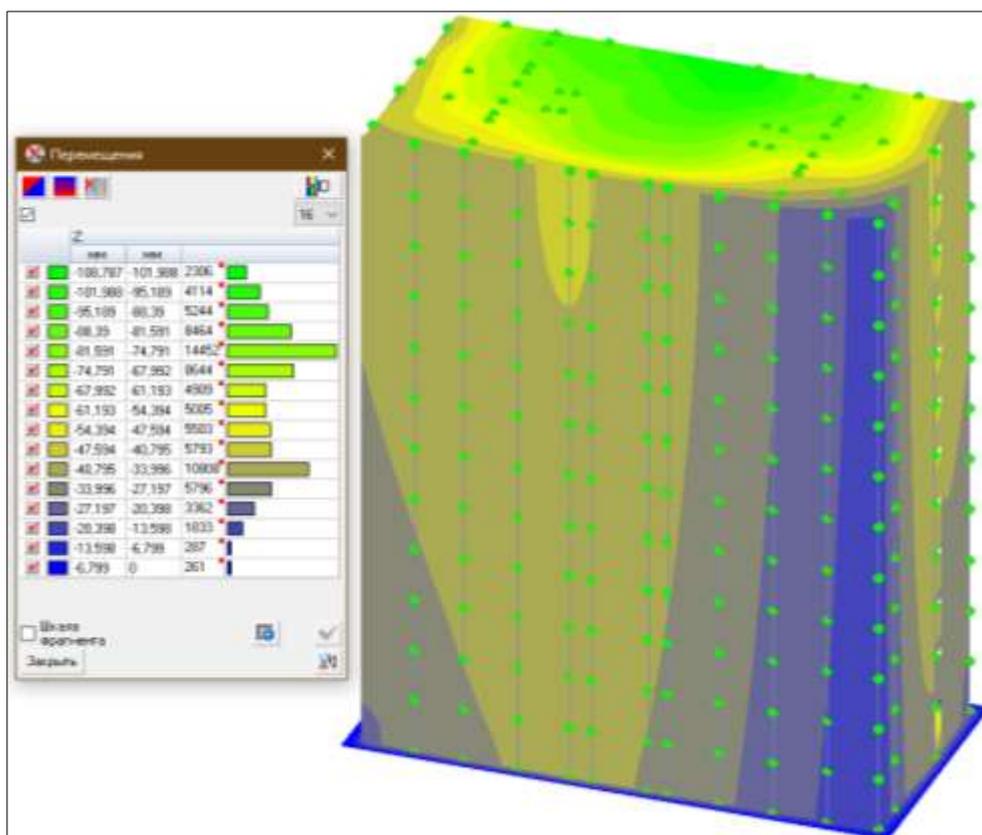


Рис. 7. Перемещения при двутавровой форме поперечного сечения монолитной железобетонной колонны

По результатам расчёта примем следующее армирование для самой загруженной колонны типового этажа.

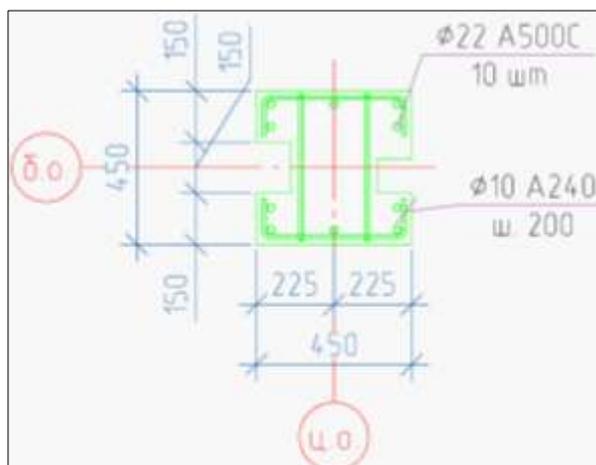


Рис. 8. Принципиальная схема армирования колонны двутаврового поперечного сечения, полученная из расчётов

Проанализировав перемещения, полученные после расчётов трёх схем, можно сказать, что наиболее выгодное, а именно наименьшее, перемещение получено при поперечном сечении в форме двутавра.

Однако, по результатам армирования и по объёму бетона самое эффективное поперечное сечение из трёх исследованных – это кольцевое сечение колонны.

Список источников

1. Пищальников Г. А. Зарубежный опыт монолитного строительства (ПГС-14-3б) // Современные технологии в строительстве. Теория и практика: матер. 10-й всеросс. НК.

2. Давиденко А. А. Исследование деформирования и разрушения железобетонных колонн круглого сечения при поперечном изгибе с использованием метода корреляции цифровых изображений / А. А. Давиденко, М. А. Давиденко, А. Н. Бамбура и др. // Вестник БРУ. 2015. № 3 (48).

3. Клименко Е. В. Влияние повреждений двутавровых железобетонных колонн / Е. В. Клименко, Е. В. Максютя // Современное строительство и архитектура. Энергосберегающие технологии: матер. респ. НПК. Бендеры: БПФ ПГУ им. Т. Г. Шевченко, 2019.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОСТАВНЫХ ДЕРЕВОКОМПОЗИТНЫХ БАЛОК С КОМБИНИРОВАННЫМИ МЕХАНИЧЕСКИМИ СВЯЗЯМИ

В. В. Сопилов, соискатель;

Д. А. Столыпин, аспирант;

Б. В. Лабудин, д-р техн. наук, профессор;

Е. В. Попов, канд. техн. наук, доцент

*Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова,
Архангельск, Россия*

Аннотация. Для получения прочных, жёстких и надёжных деревокомпозитных балок с увеличенными и нестандартными геометрическими размерами сечений, необходимо совершенствование технологии изготовления составных деревокомпозитных элементов с применением комбинированных механических связей. В статье показаны наиболее эффективные конструктивные схемы, определены технические требования к материалам элементов конструкции, разработаны технологические подходы, а также указаны ключевые требования к технологии производства составных деревокомпозитных балок на комбинированных механических связях.

Ключевые слова: *составная деревокомпозитная балка, комбинированная механическая связь, когтевая шайба, запрессовка, огнестойкость*

Повышение потенциала применения конструкционных пиломатериалов древесины может быть реализовано за счёт внедрения в современную базу строительства и производства уже известных, но модернизированных конструкций, в т. ч. технологии изготовления составных деревянных балок с комбинированными соединениями.

Предпосылкой для их распространения является унификация выпускаемой пилопродукции, используемой в промышленном, гражданском, энергетическом и транспортном строительстве. При средних пролётах нужны большие сечения балок. Получить их можно двумя путями: посредством склеивания пиломатериалов в пакет [1] или с помощью сплачивания отдельных элементов стандартных типоразмеров. В связи с этим для получения нестандартных геометрических размеров сечений деревянных элементов с требуемой прочностью и жёсткостью зачастую требуется производить эффективное сплачивание нескольких пиломатериалов.

Для клеевого соединения сухих пиломатериалов появляется необходимость: в обеспечении температурно-влажностных параметров воздуха в цехе в заданном интервале, в создании давления на склеиваемые элементы в процессе полимеризации клея, в повышенных требованиях к качеству обработки поверхности пиломатериалов и их влажности. Все эти сложности в изготовлении качественного клеевого соединения накладывают значительные ограничения на производство клееных составных конструкций из древесины.

А в отличие от составных балок, использующих традиционные механические соединения [2] (стальные гладкие нагели и болты), применение комбинированных соединений с двухсторонними когтевыми шайбами, в соответствии с проведёнными численными исследованиями, позволяет повысить прочность конструкций в 1,5–1,8 раза и значительно уменьшить деформативность (прогиб) в 2,5–3 раза. Таким образом, при незначительных дополнительных расходах на соединительные элементы можно достигнуть значительно большей прочности соединений, уменьшить их деформацию, получить ощутимую экономию древесины и, следовательно, снизить общую стоимость деревянных балочных элементов.

Составные деревянные балки состоят из двух или более брусков древесины, между которых в шве сплачивания установлены шайбы с выштампованными зубьями, и стянутых между собой болтами (рис. 1). В зависимости от назначения, приложенных на конструкцию нагрузок и рационального использования материалов составные балки изготавливают таврового, прямоугольного и двутаврового сечения (рис. 2), а по расположению механических соединений их делят на балки с постоянным и переменным шагом расположения механических соединений. Переменный шаг расположения соединений целесообразен при неравномерно распределённой нагрузке на перекрытие. Шаг соединений возрастает к середине пролёта, т. к. большая часть нагрузки сосредоточена ближе к торцам изгибаемых конструкций.

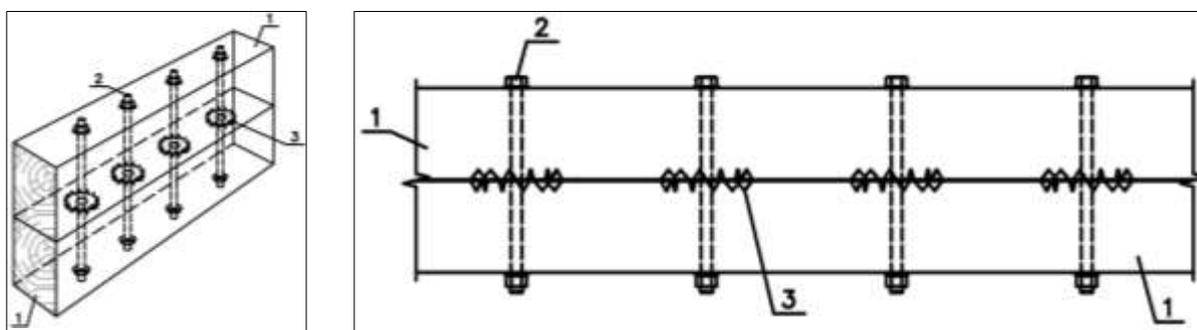


Рис. 1. Конструктивное решение составной деревянной балки:
1 – деревянный брус; 2 – стяжной болт; 3 – когтевая шайба

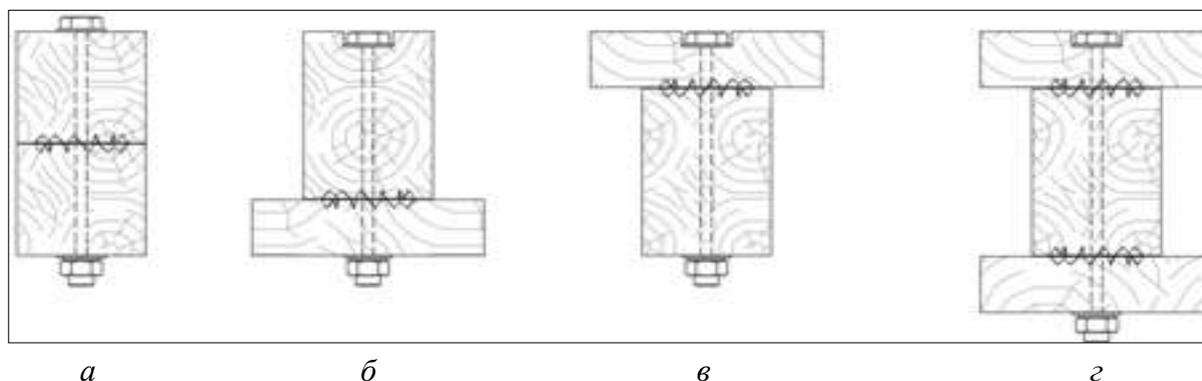


Рис. 2. Виды сечений деревянных составных балок на комбинированных механических соединениях:
а – прямоугольное; б – тавровое с полкой вверху; в – то же, внизу; г – двутавровое

Изготовление балок выполняется из сухих пиломатериалов хвойных пород I и II сорта по ГОСТ 24 054-80 влажностью 12–14 %. Для конструкций зданий класса КС-3 по ГОСТ 27 751-2014 могут быть использованы пиломатериалы III сорта. Поверхности деревянных элементов составной балки необходимо обработать антисептиком III класса службы и выше, а также антипиреном II группы огнезащиты и выше.

Деревянные элементы составной балки соединены механическими связями (болты). Между слоями элементов запрессовываются когтевые шайбы для увеличения сдвиговой жёсткости шва. Запрессовка когтевых шайб может производиться простым сболчиванием, а также пневмо- или гидравлическим инструментом. Связи ориентированы нормально к продольной оси элементов. Возможен вариант исполнения составных деревянных балок с потайными головками болтов при опирании на верхнюю грань элемента других конструкций (балок, настила, стропил, обрешётки).

Металлические зубчатые шайбы (рис. 3) выполняются из круглых, овальных или прямоугольных заготовок, вырезаемых из листовой оцинкованной стали. По периметру шайба имеет зубья, отогнутые в одну или обе стороны, в центральной части диска – отверстие для стяжного болта. На производство когтевых коннекторов (шайб) существует европейский нормативный документ *EN 912-2011* [3]. В качестве материала для изготовления шайб принимаются конструкционные углеродистые стали марки 08пс, 08Ю ГОСТ 1 050-2013 [4]; стали, поставляемые по зарубежным стандартам: сталь конструкционная DC01+C390 по *EN 10 139* или холоднокатанная высокопрочная сталь холодной штамповки Н320М по *EN 10 268*. Оцинковка стали производится согласно ГОСТ Р 52 246-2016.

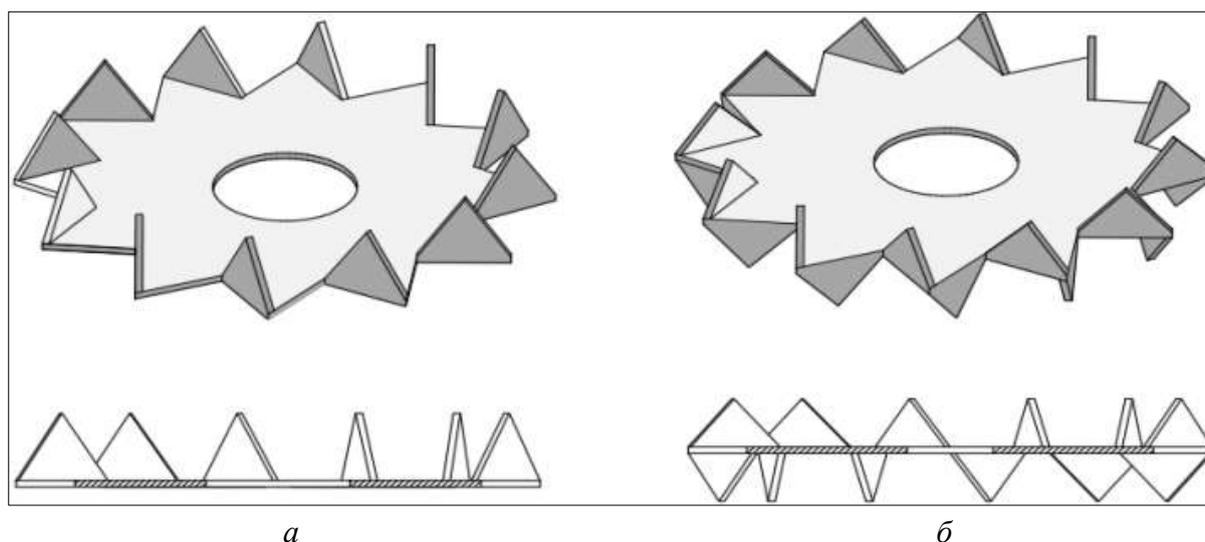


Рис. 3. Когтевые шайбы: *a* – односторонняя; *б* – двухсторонняя

Для погашения сил распора когтевые шайбы следует применять только совместно со стяжными болтами класса прочности 5.6 или 5.8, а также с гайками класса прочности 4 или 5 [5].

Предварительно в деревянных элементах просверливаются отверстия для их соединения между собой с помощью двухсторонних когтевых шайб и стяжных болтов. Составные деревянные балки могут иметь длину только до 6 м. Для больших пролётов требуется изготовление составных деревокомпозитных балок из клеёного бруса.

Несмотря на наличие у составных деревянных балок с комбинированными механическими соединениями тонких металлических элементов, огнестойкость RE в сравнении с деревянными балками цельного сечения не снижается, т. к. металлические коннекторы расположены внутри шва сплачивания, а не у наружных поверхностей балки.

Изготовление составных деревянных балок на комбинированных механических связях рекомендуется производить на специализированных предприятиях или в деревообрабатывающих цехах в строгой последовательности.

Основные требования к изготовлению составных деревянных балок с комбинированными механическими соединениями:

- качество продукта;
- высокая биостойкость;
- высокий предел огнестойкости;
- обеспечение физико-механических характеристик;
- вариативность в выборе сечений;
- простота изготовления;
- достижение значимого экономического эффекта.

При расчёте, проектировании и производстве составных деревянных балок на комбинированных механических соединениях должны учитываться следующие технологические и конструктивные требования:

- формы и размеры сечений у составных балок подтверждаются инженерными расчётами;
- условия эксплуатации составных балок на комбинированных механических соединениях принимаются 1а, 1б, 2.1 и 2.2 в соответствии с СП 64.13330 [6];
- соединение деревянных элементов одной составной балки осуществляется когтевыми шайбами одного типоразмера;
- минимальная величина расстояния от нагруженного торца балки до центра отверстия когтевой шайбы принимается более или равной 2 диаметрам применяемой когтевой шайбы [7];
- минимальный шаг расстановки когтевых шайб в составной деревянной балке принимается в соответствии с табл. 1 [8].

Таблица 1

Минимальный шаг расстановки когтевых шайб в балке

Диаметр когтевой шайбы, мм	50	75	95
Минимальный шаг расстановки когтевых шайб, мм	75	115	150

Совершенствование технологического процесса сборки составных деревокомпозитных балок на комбинированных механических связях заключается в добавлении операций по запрессовке двухсторонних когтевых шайб между слоями деревянных элементов. Сборка составных деревянных балок с комбинированными механическими соединениями производится двумя операторами на сборочном столе из заранее подготовленных деталей: брусьев, болтов, когтевых шайб, шайб и гаек. Процесс сборки составной балки состоит из следующих основных операций.

1. В соответствии с проектом производится сверление сквозных отверстий одновременно в двух брусьях под болты с расчётным шагом и диаметром болтов.

2. Нижний брус укладывается на монтажный стол с его раскреплением по концам элемента (на опорах).

3. Используя отверстия как направляющие, производится постановка калибра, затем лёгким вдавливанием в брус двухсторонних когтевых шайб соосно нижнему брусу.

4. Верхний брус устанавливается в проектное положение относительно граней нижнего бруса и производится его вдавливание с помощью механического, пневматического или гидравлического оборудования. При наличии слоёв (ярусов) составной балки более двух, операции 3 и 4 повторяются требуемое количество раз.

5. При отсутствии запрессовочного оборудования возможна пригонка слоёв составной балки путем постепенного попеременного сболчивания. Производится установка стяжных болтов, установка краевых шайб и закручивание гаек. При закручивании гаек одновременно происходит запрессовка зубьев когтевых шайб в древесину до получения плотного (без зазоров) соединения, работающего на сдвиг.

6. Проверяется плоскостность боковой поверхности и ребер формируемой конструкции. При необходимости боковые грани элементов фрезеруются.

На рис. 4 наглядно продемонстрирован порядок сборки составной деревокомпозитной балки с комбинированными механическими соединениями.

После запрессовки зубьев когтевых шайб в древесину получившаяся составная балка проходит контрольные испытания на прочность и жёсткость. При высокой сходимости результатов испытаний с расчётными значениями выполняется маркировка продукции, составляются паспорт и сертификаты. По согласованию с заказчиком готовые к выдаче балки иногда запаковываются в полиэтиленовую плёнку.

В процессе эксплуатации открытых деревокомпозитных элементов, собранных из пиломатериалов транспортной влажности, возможна усушка древесины и, как следствие, расстройство соединений. Поэтому после 1–2 лет эксплуатации необходима подтяжка нагелей (болтов).

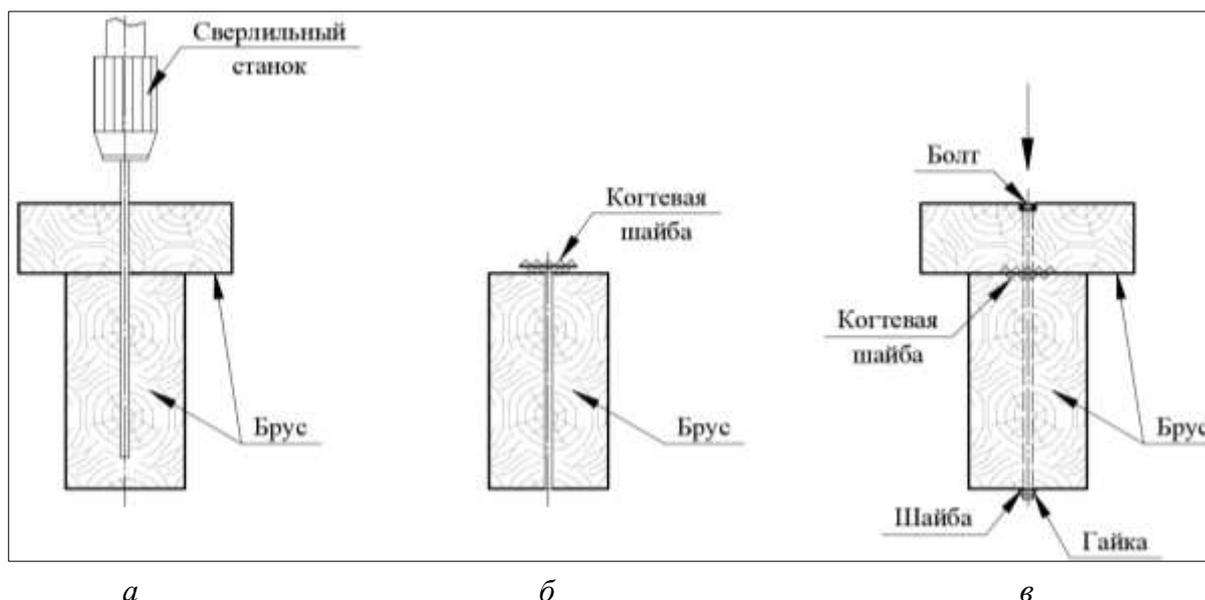


Рис. 4. Порядок сборки составной деревянной балки с комбинированными механическими соединениями: *а* – высверливание отверстий в брусках под стяжные болты; *б* – установка когтевой шайбы соосно нижнему брусу; *в* – сборка брусев в единую конструкцию и одновременная запрессовка зубьев когтевых шайб в древесину методом сблчивания

Разработанные технологические решения составных древокомпозитных балок с комбинированными механическими связями, будут востребованы в деревянном домостроении, капитальном ремонте, восстановлении и/или инженерной реставрации объектов культурного наследия.

Дальнейшие перспективы результатов исследований могут быть направлены на организацию и развитие поточного производства составных древокомпозитных конструкций на основе комбинированных соединений для мало- и среднеэтажного домостроения. Самостоятельным направлением может стать производство таких конструкций для строительства мостов на лесовозных дорогах в труднодоступных регионах страны.

Список источников

1. Турковский С. Б. Результаты натурных обследований деревянных клеёных конструкций / С. Б. Турковский, Ю. А. Варфоломеев // Промышленное строительство. 1984. № 6. С. 19–20.
2. Черных А. Г. К вопросу определения несущей способности нагельных соединений в конструкциях из бруса, клеёного из однонаправленного шпона (LVL) / А. Г. Черных, К. С. Григорьев, П. С. Коваль и др. // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 4. С. 109–118.
3. DIN EN 912-2011. Timber Fasteners – Specifications for Connectors for Timbers; German Version EN 912:2011.
4. ГОСТ 1050-2013. Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. М.: Стандартинформ, 2014. 32 с.

5. Сопилов В. В. Разработка технологии производства когтевых шайб для соединения деревянных конструкций и совершенствование методики их расчёта. URL: online.fasie.ru/m/contest-query/pages/209783/main.

6. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Актуал. ред. СНиП II-25-80. М.: Минстрой России, 2017. 102 с.

7. СтАДД-3.2-2011. Деревянные конструкции. Соединения деревянных элементов с использованием зубчатых пластин. СПб., 2012. 40 с.

8. Каталог продукции компании Bova Vřeznice spol. URL: bova-nail.cz/kategorie-produktu/kovani-drevene-konstrukce/hmozdinky.

ФУНДАМЕНТ В ВИДЕ СТРУКТУРНОЙ ПЛИТЫ ИЗ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ВРЕМЕННЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Д. С. Тимофеев, студент;

И. И. Шалахов, студент;

В. В. Пучинкин, студент;

М. Ю. Семенов, старший преподаватель

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В статье рассматривается разработка фундамента в виде структурной плиты из деревянных элементов для временных зданий, располагающихся в условиях Крайнего Севера. Оценены преимущества использования древесины как экологически чистого материала, обладающего высокой прочностью и лёгкостью. Изучены особенности проектирования и монтажа конструкции, учитывающие климатические условия региона. Представлены результаты расчёта конструкции в программном комплексе SCAD и устойчивость предложенного решения.

Ключевые слова: *фундамент, структурная плита, древесные элементы, временные здания, Крайний Север*

Строительство временных зданий в условиях Крайнего Севера представляет собой уникальную задачу, требующую особого подхода к выбору материалов и конструктивных решений. Одним из наиболее перспективных решений для таких условий является использование фундамента в виде структурной плиты из деревянных элементов. Древесина, как экологически чистый и легкий материал, отлично подходит для строительства временных объектов, т. к. сочетает в себе высокие прочностные характеристики и низкую теплопроводность. Этот обзор сосредотачивается на основных аспектах проектирования, преимуществ и недостатков использования деревянных структурных плит в качестве фундаментов в условиях экстремального климата.

Деревянные элементы обладают рядом качеств, делающих их подходящими для применения в суровых климатических условиях. К ним относятся:

– лёгкость монтажа: дерево значительно легче бетона и стали, и это упрощает транспортировку и установку;

– экологичность: древесина – возобновляемый ресурс, что делает её привлекательной с точки зрения устойчивого строительства;

– теплоизоляция: деревянные элементы обладают хорошими теплоизоляционными свойствами, что критически важно в условиях низких температур.

При проектировании фундаментов из деревянных элементов, необходимо учитывать:

- нагрузочные характеристики: необходимость анализа нагрузки на фундамент и соответствие её прочностным характеристикам выбранных древесных материалов;

- состояние грунта: важно учитывать тип грунта и его способность к поддержке деревянного фундамента – в условиях вечной мерзлоты это особенно актуально, т. к. возможны подвижки и осадки;

- оборудование и технологии: современные технологии, такие как модульные и сборные конструкции, могут значительно ускорить возведение временных зданий.

Несмотря на явные преимущества, использование деревянных элементов имеет и свои недостатки:

- воздействие влаги: древесина подвержена гниению и разрушению при воздействии влаги, поэтому необходимы специальные обработки для защиты материала;

- пожарная безопасность: деревянные конструкции требуют дополнительных мер по обеспечению пожарной безопасности, что может увеличить общую стоимость проекта.

В некоторых регионах Европы и России уже проводились эксперименты с использованием деревянных структурных плит в качестве фундаментов для временных зданий. Практические исследования показывают, что такие решения могут успешно справляться с высокими нагрузками и изменениями температур, если соблюдены соответствующие технологии и конструкции.

Наш вариант структурной фундаментной плиты представляет собой соединенные между собой деревянные фермы, опирающиеся на плиту из *CLT*-панелей.

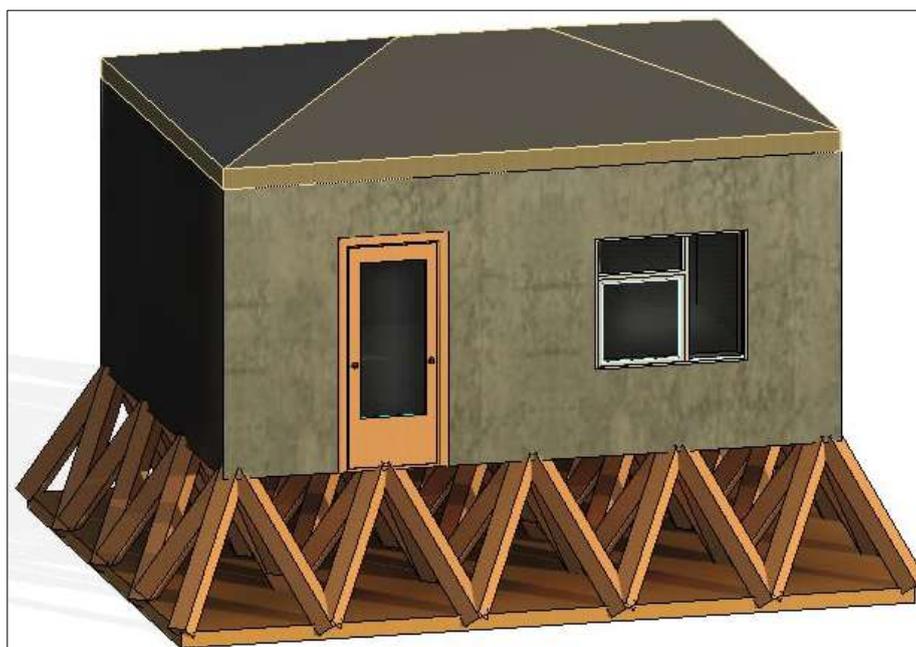


Рис. 1. Структурная плита из деревянных элементов

Характеристики элементов структурной плиты:

- элементы деревянной фермы – брус сечением 200×200 мм;
- CLT-плита толщиной 200 мм.

Данная конструкция прошла расчёт, разработан узел соединения (соединение на врубках) наиболее нагруженного элемента и плиты.

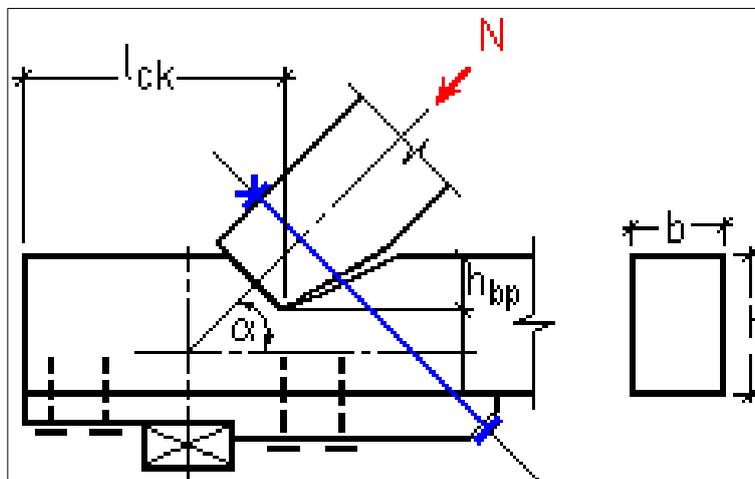


Рис. 2. Соединение на врубках

Характеристики соединения: $l_{ck} = 500$ мм; $h_{bp} = 35$ мм; $a = 30$ град; $h = 200$ мм; $b = 200$ мм; $N = 70,558$ кН.

Результаты проверки узла приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты проверки

Проверено по СП	Проверка прочности	Коэффициент использования
п. 7.2	по условиям смятия	0,925
п. 7.2	по условиям скалывания	0,455

Фундамент в виде структурной плиты из деревянных элементов для временных зданий, располагающихся в условиях Крайнего Севера, представляет собой перспективное направление в области архитектуры и строительства. Хотя данный подход имеет определённые ограничения и требует осторожного проектирования, его преимущества в сочетании с растущим интересом к устойчивому строительству делают древесину привлекательным материалом для решения задач, связанных с временными сооружениями в экстремальных климатических условиях. В будущем необходимы дополнительные исследования для оптимизации технологий и повышения долговечности деревянных конструкций в подобных условиях.

Список источников

1. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуал. ред. СНиП 2.01.07-85* (с изм. № 1– 3). М.: Стандартиформ, 2020. 95 с.
2. СП 131.13330.2020. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. М.: Стандартиформ, 2021. 114 с.
3. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. М.: Стандартиформ, 2017. 105 с.
4. Овсянников С. И. Обоснование эффективных строений для Крайнего Севера / С. И. Овсянников, А. С. Родионов // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2017. № 1. С. 7.
5. Макаров А. В. Особенности строительства фундаментов в вечно-мёрзлых грунтах / А. В. Макаров, А. В. Журавлев, В. Ю. Тянь // Инженерный вестник Дона. 2019. № 1. С. 10.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА КОНВЕРТАЦИИ МОДЕЛИ ИЗ BIM-СИСТЕМЫ Renga В РОССИЙСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ЧИСЛЕННОГО АНАЛИЗА НДС КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

М. А. Храмовских, аспирант;

Т. Л. Дмитриева, д-р техн. наук, доцент

*Иркутский национальный исследовательский технический университет,
Иркутск, Россия*

Аннотация. Рассматриваются особенности автоматизированной передачи 3D-модели из графического в расчётные программные комплексы. Целью работы является анализ технологии конвертации модели для применения в проектной практике. Использовался метод сравнения и эксперимента. Определены основные правила формирования 3D-модели в Renga для корректной передачи данных в расчётные программы SCAD++ и «Лири 10». Указано на существенное несогласование правил построения 3D-модели для проектных целей и выполнения чертежей и для нужд конвертации модели в расчётные программные комплексы. Проанализированы инструменты корректировки модели, рекомендована совместная корректировка модели в графической и расчётной программе. Высказано мнение о границах целесообразности применения инструментов конвертации модели. Также отмечается, что при изменении 3D-модели и повторной конвертации процесс корректировки необходимо проводить повторно, что мало отвечает тенденциям автоматизации проектных работ.

Ключевые слова: конвертация, BIM-система, численный анализ, НДС, 3D-модель, КЭ-модель

Совершенствование функциональных возможностей BIM-систем в настоящее время делает такие продукты всё более незаменимыми инструментами современного проектирования. Процесс проектирования здания как сложного комплексного объекта, являющегося результатом взаимодействия смежных инженерных дисциплин строительства, в настоящее время интегрирован в создание и наполнение информацией цифровой объёмной модели здания. При наличии такой модели часть операций, связанная с созданием спецификаций, выполнением циклических стандартизированных расчётов, а также расчётом большой размерности и сложности выполняется в автоматическом или полуавтоматическом режиме.

Процесс проектирования несущих конструкций здания также имеет операции, потенциально поддающиеся автоматизации. В первую очередь к этому разделу относится автоматизация создания расчётной модели [1–3]. Расчётная модель здания в настоящее время создаётся в программных комплексах, в основу которых положен метод перемещений в конечно-элементной реализации. Эта модель имеет подобную геометрическую форму и положение элементов, однако строится на иных принципах, в отличие от архитектурной 3D-модели. Ввиду этого возникают трудности с адаптацией топологии элементов, полученных из BIM-системы в корректную расчётную модель.

BIM-система *Renga* получила достаточно широкое распространение в среде проектирования и образовательного процесса в вузах [4–6]. Ввиду чего рассмотрение данной темы является актуальным. Цель работы – определить и проанализировать технологию автоматизированной конвертации 3*D*-модели из *Renga* в отечественные программные комплексы КЭ-расчёта «Ли́ра 10» и *SCAD++*.

Задачи исследования: рассмотреть приёмы для передачи элементов в расчётные программы конечно элементного расчёта; определить перечень поддающихся передаче элементов; выявить способ соединения элементов для корректного экспорта модели; оценить результат по качеству сформированной КЭ-модели.

Экспорт 3*D*-модели из *Renga* в «Ли́ра 10» производится при помощи встроенного в *Renga* плагина. Передача 3*D*-модели в *SCAD++* осуществляется через формат файла *IFC*. Был произведён анализ элементов, которые возможно передать в «Ли́ра 10» и *SCAD++*. Рассматривались следующие элементы *Renga*: стена с дверным и оконным проёмом, колонна, перекрытие с проёмом, крыша двухскатная и односкатная, балка, лестница, пандус сплошной и утолщённый, столбчатый фундамент, ленточный фундамент. Описанные элементы показаны на рис. 1.

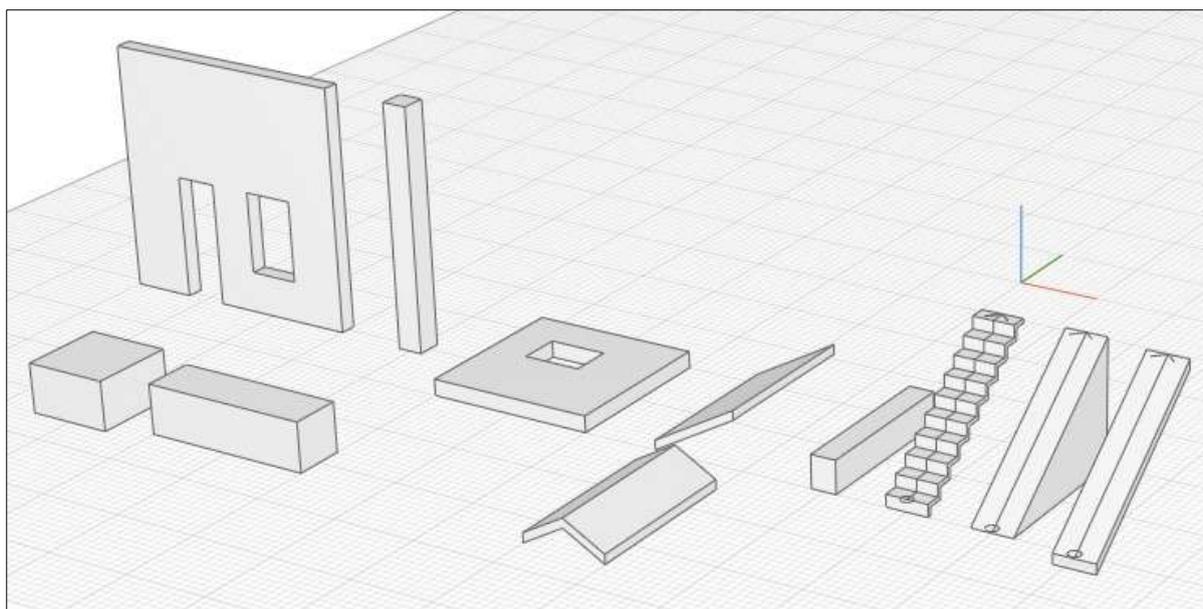


Рис. 1. Элементы построения 3*D*-модели в *Renga*

В результате экспорта указанных элементов в «Ли́ра 10.12» успешно были переданы следующие: стена (пластина), колонна (стержень), плита (пластина), балка (стержень), столбчатый фундамент (стержень). Таким образом, удалось передать 7 из 14 элементов.

Аналогичная операция передачи осуществлялась в *SCAD++* 21.1.9.7. Успешно были переданы следующие элементы: стена с проёмами (пластина), колонна (стержень), плита без проёма (пластина), крыша односкатная (пластина), балка (стержень), фундамент столбчатый (пластина), фундамент ленточный (пластина).

При использовании более поздней версии программы *SCAD++* 21.1.9.9. и новее успешно были переданы следующие элементы: стена с проёмами (пластина), колонна (стержень), плита с проёмом (пластина), крыша односкатная (пластина), балка (стержень), фундамент столбчатый (пластина), фундамент ленточный (пластина), пандус сплошной и утолщённый. Таким образом, удалось передать 12 из 14 элементов.

Т. к. не удалось передать элемент лестница, который в расчётной модели моделируется как наклонная пластина, то в качестве замены лестничного марша в программе *Renga* можно использовать пандус утолщённый – это позволит передавать в расчётную модель элементы лестница, построение которых в расчётных программах является достаточно долгим процессом.

Элементы столбчатый фундамент и ленточный фундамент передаются в *SCAD++* в виде пластин. Ориентация пластин: горизонтальная или вертикальная, зависит от соотношения вертикального и горизонтальных размеров сечения элементов. Если столбчатый фундамент и ленточный фундамент имеет высоту больше или равную ширине, то фундамент передаётся в виде вертикально ориентированной пластины. Если элементы имеют высоту меньше ширины, то фундамент передаётся в виде горизонтально ориентированной пластины.

Рассмотрим способ передачи многослойного материала из *Renga* в расчётные программы. В качестве примера построим в *Renga* стену из многослойного материала «Кирпич с утеплителем»; общая толщина стены – 200 мм. Экспортируем 3D-модель в «Лири». Получаем стену (пластину), имеющую толщину 200 мм, из одного материала – железобетон, который был выбран в журнале сопоставления материалов в процессе экспорта. Проведём аналогичную операцию экспорта в *SCAD++* через формат *IFC*. Получаем вместо одной стены (пластины) три пластины, расположенные параллельно друг другу, причём каждая пластина имеет заданную общую толщину стены 200 мм. Такое преобразование является некорректным, поэтому в рассматриваемом случае взаимодействие *Renga* с «Лири 10» является более удобным.

Элементы: окна, двери при передаче в расчётные программы заменяются проёмом. Оконное заполнение ни в «Лири 10», ни в *SCAD++* не передаётся. Такое взаимодействие является удобным, т. к. в расчётных программах прочностного расчёта конструкций данные элементы являются лишними.

Таким образом, для корректной передачи элементов 3D-модель должна содержать только элементы, поддающиеся конвертации. Описанные особенности экспорта данных 3D-модели в «Лири 10» и *SCAD++* могут быть полезны для оптимального выбора программного комплекса для определения технологии проектных работ.

Важной особенностью является способ преобразования 3D-элементов в конечные элементы. В расчётных программах элементами расчётной схемы (конечными элементами) являются: стержни, пластины, объёмные

тела. Объёмные тела используются редко в специфических ситуациях, поэтому их рассмотрение производиться не будет. В расчётные программы 3D-элементы из проектирующей программы *Renga* преобразуются в виде пластин и стержней. Тип элемента, в который происходит преобразование, не зависит от размеров элементов, а зависит от типа 3D-элемента. Связь типов 3D-элементов и типов конечных элементов была показана ранее. Для произведения правильного расчёта тип элементов должен назначаться в зависимости от геометрических размеров элементов и некоторых особенностей моделирования. Согласно рекомендациям производителей рассматриваемых расчётных программ, при соотношении сторон поперечного сечения элемента меньше отношения 1:3–1:5 элемент следует моделировать пластинчатыми конечными элементами, при большем отношении – стержневыми; при отношении толщины КЭ к его длине и ширине более 1:5 следует использовать объёмные элементы [7]. Ввиду вышеописанного инженеру-конструктору необходимо производить контроль правильности применения типа конечного элемента для каждого конкретного случая расчёта.

В *Renga* 3D-модель создаётся из объёмных элементов. Объёмные элементы при передаче в расчётные программы преобразуются в плоские элементы (стержень, пластина). В зависимости от способов построения 3D-элементов различается положение элементов друг относительно друга и их способ соединения.

Для выявления способа построения, позволяющего корректно передать 3D-элементы из *Renga* в расчётные программы, рассмотрим несколько примеров для соединения стержневых элементов и соединения стержневых элементов с пластинами.

Построим в *Renga* раму, в основании колонн рамы расположим элемент «перекрытие», как показано на рис. 2.

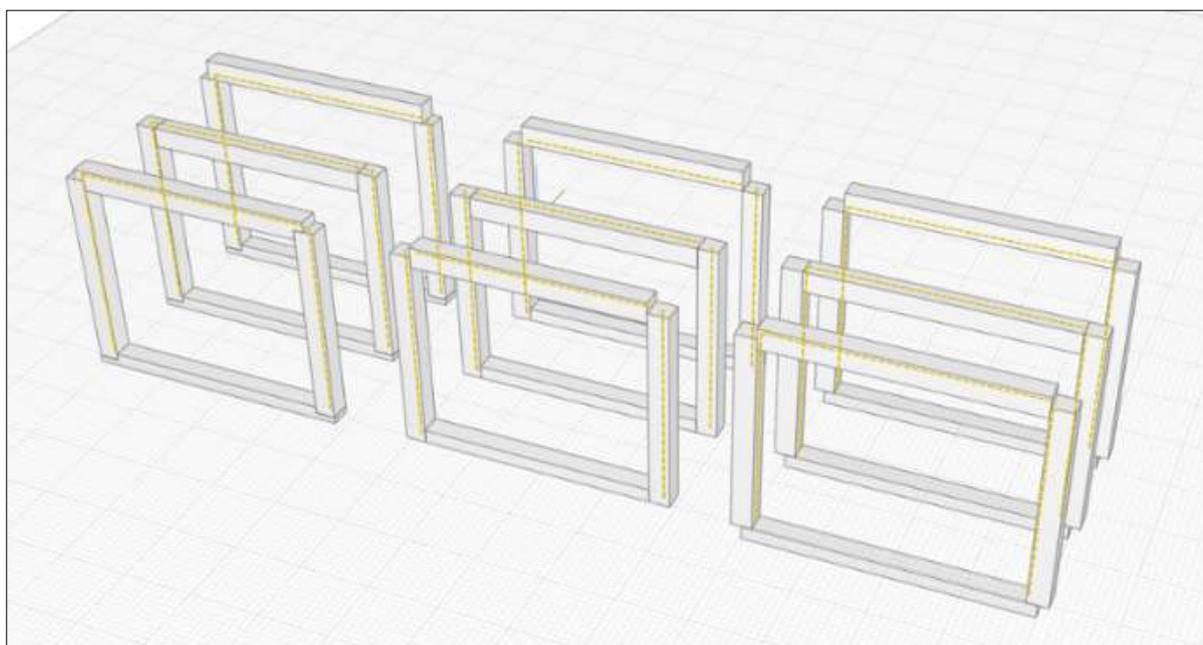


Рис. 2. Варианты соединения стержневых элементов в *Renga*

На рис. 2 приведены три группы рам. В каждой группе балка имеет три способа соединения с колонной. Группа слева построена путём соединения осей элементов, показанных пунктирной линией; плита в основании привязана к точке основания колонны по центру. В группе по центру балки доведены до грани колонн; плита в основании привязана к точке основания колонны по нижней грани. В группе справа балка и колонна соединены по осям элементов, но колонна имеет различные привязки к оси; плита в основании привязана к точке основания колонны по верхней грани.

Результаты экспорта в «Лира 10» и SCAD++ идентичны. По результату экспорта 3D-элементов становится ясно, что для соединения элементов расчётной модели в единых узлах необходимо, чтобы 3D-элементы в Renga были соединены по линиям, проходящим через центры тяжести их поперечного сечения.

Произведём подобное построение для выяснения способа построения 3D-элементов стена, столбчатый фундамент, ленточный фундамент, пандус утолщённый в Renga. На рис. 3 показаны примеры соединений 3D-элементов: стена, пандус, фундаменты с колонной и балкой в Renga.

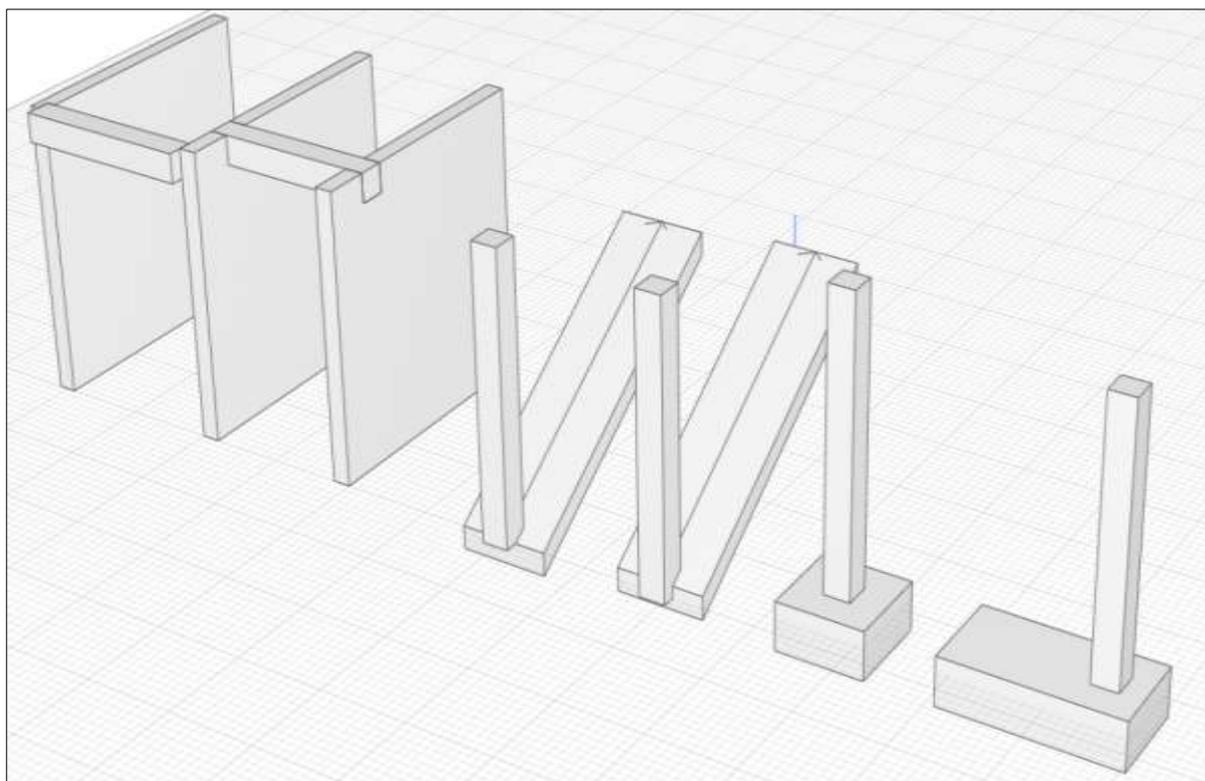


Рис. 3. Соединение 3D-элементов в Renga: стена, пандус, фундаменты с колонной и балкой (стержневыми элементами в расчётных программах)

Аналогичный результат выявлен при экспорте описанных элементов в SCAD++: для соединения элементов в местах их пересечения в едином узле необходимо 3D-элементы располагать таким образом, чтобы были соединены точки центров тяжести сечений 3D-элементов. Иначе, необходимо совмещать центры тяжести сечений в местах пересечения 3D-элементов в Renga.

По результатам рассмотренных тестовых задач и анализа полученных результатов с целью корректной передачи модели в расчётные программные комплексы определены следующие особенности моделирования элементов в *Renga*:

- колонны должны иметь высоту, равную высоте этажа и располагаться между центрами плит перекрытия соседних этажей;
- ригели должны располагаться между центрами колонн, т. е. заходить в колонну до её центра и оси ригелей должны совпадать между собой;
- стены должны располагаться между центрами колонн (стен), т. е. заходить в колонну (стену) до её центра и ось стены должна совпадать с осью колонны;
- контур плит перекрытия должен проходить по центру крайних ригелей или стен.

Ввиду недопустимости построения 3D-модели описанным выше способом из-за некорректности модели для целей создания чертежей, отображения и вычисления объёмов материалов по итогу создания 3D-модели здания архитекторами при передаче в расчётную программу необходимо изменить некоторые типы 3D-элементов и их способы примыкания. Изменение (корректировка) модели может производиться в проектирующей программе *Renga* до передачи 3D-модели или в расчётной программе («Лира 10», *SCAD++*) после передачи 3D-модели, не внося в неё изменений. Оценка возможностей программных комплексов для редактирования переданной 3D модели на примере реального объекта позволяет утверждать, что наиболее эффективно производить корректировку модели в *Renga*, после производить дополнительно изменять оставшихся неточностей в программном комплексе КЭ-расчёта.

В результате рассмотрения процесса передачи 3D-модели *Renga* в расчётные программы «Лира 10» и *SCAD++* выявлено основное правило построения 3D-элементов для корректной передачи в расчётные программы, а также ряд особенностей передачи 3D-элементов в рассматриваемые расчётные программы. Ввиду несогласования правил построения 3D-модели для нужд проектирования и передачи 3D-модели в расчётные программы предложен способ совместного изменения модели как в *Renga*, так и в расчётном программном комплексе, который позволяет получить требуемое качество построения расчётной модели. Ввиду наличия не автоматизированных операций повторная передача модели в расчётную программу, например, после её изменения будет требовать выполнения аналогичных действий, что на данный момент с трудом отвечает тенденциям автоматизации процессов проектирования.

Эффективность использования механизма передачи данных из проектирующей программы *Renga* в расчётные программы *SCAD++* и «Лира 10», на взгляд авторов, проявляется при передаче 3D-моделей с разными высотами этажей, нерегулярной структурой несущих элементов, большого количества пластинчатых элементов (стен, плит перекрытия), сложной формой плит перекрытия, наличии множественных проёмов сложной гео-

метрической формы в стенах и плитах перекрытия. Передача моделей с простой конструктивной схемой, особенно каркасных зданий, в т. ч. с несущими диафрагмами жёсткости считаем малоэффективным и нецелесообразным ввиду наличия в расчётных программах удобных инструментов построения таких конструктивных систем. Аналогично можно утверждать о фермах, арках, рамах, которые моделируются стержневыми элементами. Также следует отметить, что при построении расчётной модели в расчётных комплексах возможно более качественное построение конечно-элементной модели, в т. ч. с регулярной сеткой, нежели чем при изменении импортированной модели из проектирующей программы. Это достигается преимущественно более лёгким контролем конечных элементов, ввиду того, что элементы формируются автором самостоятельно.

Список источников

1. Горбунов Н. С. Исследование средств и методов передачи данных из архитектурного программного комплекса «nanoCAD BIM Конструкции» в расчётный комплекс SCAD++ / Н. С. Горбунов, Т. Л. Дмитриева // Молодёжный вестник ИрГТУ. 2024. Т. 14. № 2. С. 51–58.

2. Ермакова М. А. Особенности экспорта BIM-модели из Autodesk Revit в SCAD++ / М. А. Ермакова, Е. А. Селезнева, Е. В. Зеньков и др. // Молодёжный вестник ИрГТУ. 2022. Т. 12. № 2. С. 317–324.

3. Иванов М. В. Анализ взаимодействия между программой численных расчётов и программой моделирования BIM-структур при проектировании инженерных сооружений / М. В. Иванов, В. В. Вовко // Инженерный вестник Дона. 2023. № 1 (97). С. 267–278.

4. Дубина Д. А. Преимущества использования и развития отечественного BIM: системы для трёхмерного проектирования Renga / Д. А. Дубина, А. А. Набок, В. А. Харин и др. // Инженерный вестник Дона. 2017. № 3 (46). С. 57–62.

5. Дорожкина Е. А. Аналитический обзор применения программного обеспечения информационного моделирования для разработки проектной документации // Инновации и инвестиции. 2023. № 2. С. 171–174.

6. Тен М. Г. Актуальные проблемы формирования профессиональных компетенций студентов заочно-вечерней формы обучения в условиях цифровой трансформации образования / М. Г. Тен, С. В. Максимова, И. В. Субботина // Мир науки, культуры, образования. 2023. № 2. С. 85–88.

7. Перельмутер А. В. Беседы о строительной механике. М.: АСВ, 2014. 252 с.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ СЕЙСМИЧЕСКОГО УСИЛЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ЗАСТРОЙКИ

Г. Н. Шibaева, канд. техн. наук, доцент;

М. И. Белокопытов, студент

*Хакасский технический институт –
филиал Сибирского федерального университета, Абакан, Россия*

Аннотация. Работа посвящена анализу методов сейсмического усиления существующих зданий в Респ. Хакасия, где за последние 50 лет требования к сейсмической безопасности ужесточились на 1–2 балла. Рассматриваются как традиционные методы усиления (металлические и железобетонные обоймы, диафрагмы жесткости), так и современные подходы, включая сейсмогашение и сейсмоизоляцию. Особое внимание уделено резинометаллическим опорам. Приведены результаты анализа состояния зданий и предложены рекомендации по повышению их сейсмостойкости. Выводы могут послужить основой для обновления жилого фонда в целях улучшения безопасности при землетрясениях.

Ключевые слова: *землетрясение, сейсмостойкость конструкции, методы сейсмической защиты, сейсмическая изоляция, гасители колебаний*

Введение. Землетрясение – это природное геологическое явление, которое происходит из-за тектонических движений в земной коре. Оно может вызывать разрушение зданий и человеческие жертвы. В связи с этим, согласно картам ОСР-2015, территория России разделена на сейсмические районы. До 2000 г. населённые пункты Абакан, Черногорск, Саяногорск и Аскиз находились в районе с сейсмичностью 6 баллов. Однако после изменений в СНиП II-7-81* сейсмичность этих городов увеличилась до 7 баллов. В результате, здания, введённые в эксплуатацию до 2000 г., перестали соответствовать современным требованиям сейсмостойкого строительства, т. к. при их проектировании и строительстве не учитывались современные антисейсмические мероприятия.

В табл. 1 отражены изменения в стандартах сейсмической безопасности для населённых пунктов Респ. Хакасия за последние полвека.

Целью работы является изучение методов сейсмоусиления (сейсмической модернизации) эксплуатируемых зданий.

Объектом исследования служит городская застройка, построенная до 2000 г. и представленная панельными и кирпичными зданиями. Анализ прочности зданий в Абакане выявил, что 5 % старого жилого фонда находятся в опасном состоянии с точки зрения сейсмической безопасности. Кроме того, 27 % жилых строений в регионе подвержены риску повреждения при сильных землетрясениях [1].

Нормирование сейсмичности населённых пунктов Респ. Хакасия

Населённый пункт	Нормативная сейсмичность					
	По 1963 г. – СН 8-57	По 1972 г. – СНиП-П-А.12-62	По 1982 г. – СНиП-П-А.12-69	По 1995 г. – СНиП-П-7-81	По 2014 г. – СНиП-П-7-81*	По наст. время – СП 14.13330.2014
Абакан	6	6	6	6	7	7
Аскиз	6	6	6	6	7	7
Саяногорск	6	6	–	6	7	7
Черногорск	6	6	6	6	7	7
Абаза	7	7	7	7	7	7
Бея	6	6	6	6	7	7
Таштып	6	6	7	7	–	–

Различные подходы к улучшению сейсмической приспособленности зданий являются предметом исследования.

Анализ методов сейсмической модернизации зданий. Для разработки методов сейсмической модернизации зданий эксперты опираются прежде всего на базовые положения:

- оценка технического состояния здания: анализ состояния, включая состояние фундамента и основания, степень износа конструкций, срок эксплуатации и конструктивно-планировочные решения;

- технико-экономический анализ: определение целесообразности усиления здания;

- оценка сейсмических данных: изучение частоты землетрясений в регионе и спектрального состава сейсмических колебаний.

Известно множество проверенных и эффективных способов повышения сейсмической модернизации зданий и сооружений. Условно эти методы можно подразделить на два типа: традиционные и специальные (или инновационные). Традиционные методы направлены на усиление существующих зданий, без изменения их динамической структуры. Это достигается посредством установки металлических или железобетонных обойм, добавления элементов жёсткости, таких как железобетонные диафрагмы или металлические связи, а также через замоноличивание сборных перекрытий, инъектирование трещин раствором [3].

Для усиления кирпичных зданий применяются методы [4]:

- усиление стальными/железобетонными обоймами [5];

- усиление инъектированием;

- усиление композитными материалами.

На рис. 1 показаны результаты сравнительного анализа усиления кирпичной кладки [6].

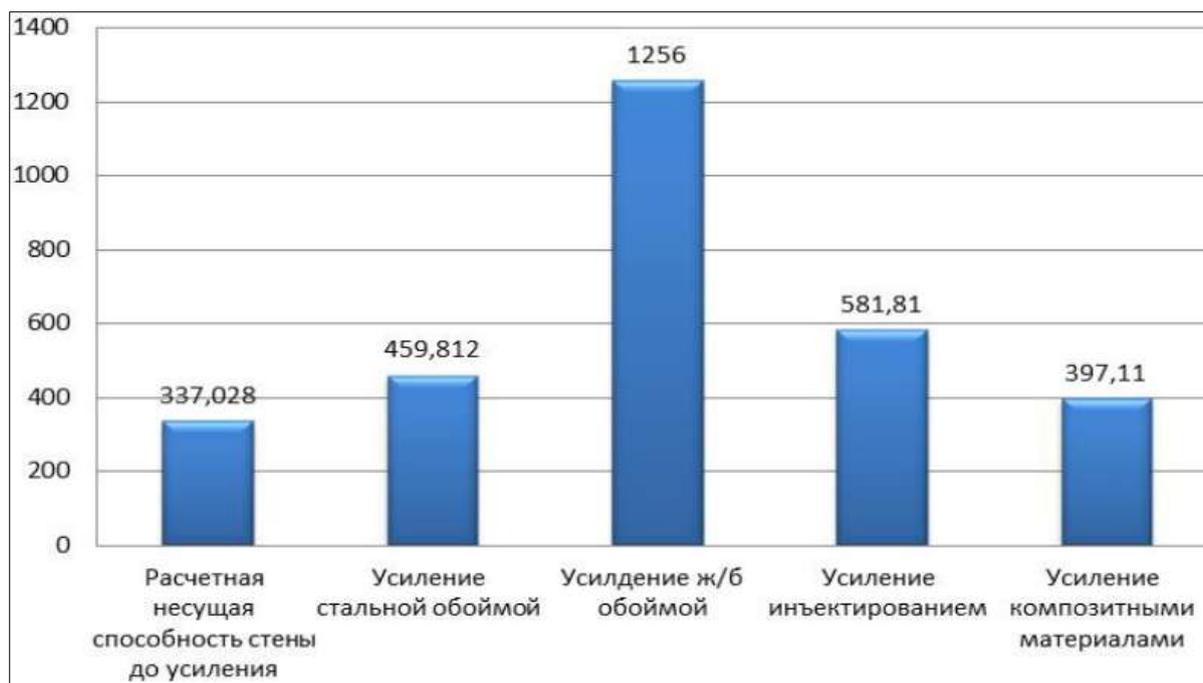


Рис. 1. Усиление наружной несущей стены [6]

На данный момент применяется множество конструктивных решений по сейсмическому усилению [2; 5–7]. Традиционные методы направлены на существующие стандарты, не учитывающие сложное динамическое поведение зданий во время землетрясения.

Все методы специальной сейсмозащиты делятся на активные (с источником энергии) и пассивные. Пассивные методы включают сейсмогашение и сейсмоизоляцию.

Системы сейсмогашения подразумевают установку демпфирующих устройств и динамических гасителей колебаний, например технология «Верхний гибкий этаж» [8; 9]. Применение технологии гибкого этажа позволяет снизить нагрузку на здание путём увеличения гибкости конструкций нижних этажей. Это достигается благодаря использованию качающихся опор или стоек каркаса.

Здания с надстройкой верхнего гибкого этажа приведены на рис. 2 [9].

В случае применения систем сейсмоизоляции в фундаментную часть здания встраиваются резинометаллические опоры, которые делают здание более устойчивым к сейсмическим воздействиям за счёт увеличения периода собственных колебаний [10]. Некоторые примеры резинометаллических опор представлены на рис. 3.



Рис. 2. Примеры зданий с гибкими верхними этажами



Рис. 3. Общий вид резинометаллических опор

В вычислительном комплексе *SCAD* был произведён расчёт здания с резинометаллическими опорами. В процессе моделирования использовались программные инструменты для создания конструктивных элементов в виде пластин и стержней с заданными характеристиками жёсткости и геометрии. На рис. 4 и 5 представлены полученные результаты [10; 11].

Анализ результатов расчёта зданий с изоляцией основания показал, что применение такого метода сейсмической модернизации позволит добиться необходимого уровня сейсмостойкости существующей застройки.

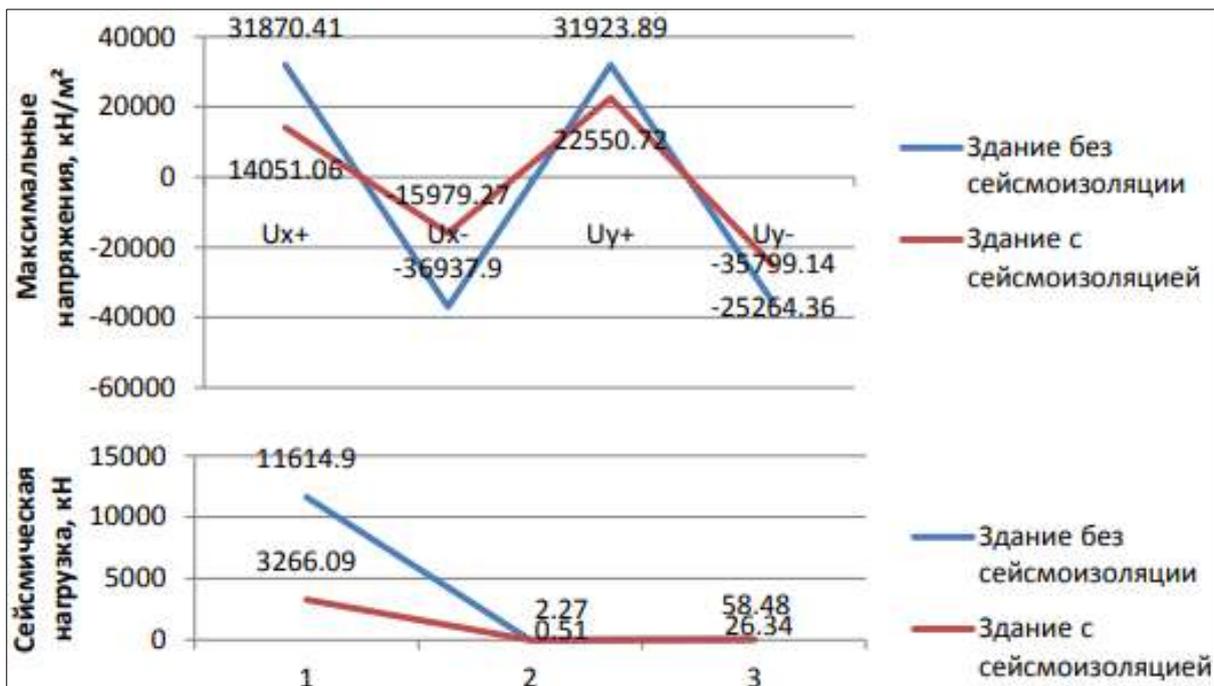


Рис. 4. Результаты расчёта здания: график зависимости напряжений в строительных конструкциях от изоляции основания; график зависимости сейсмической нагрузки от установки изоляции основания

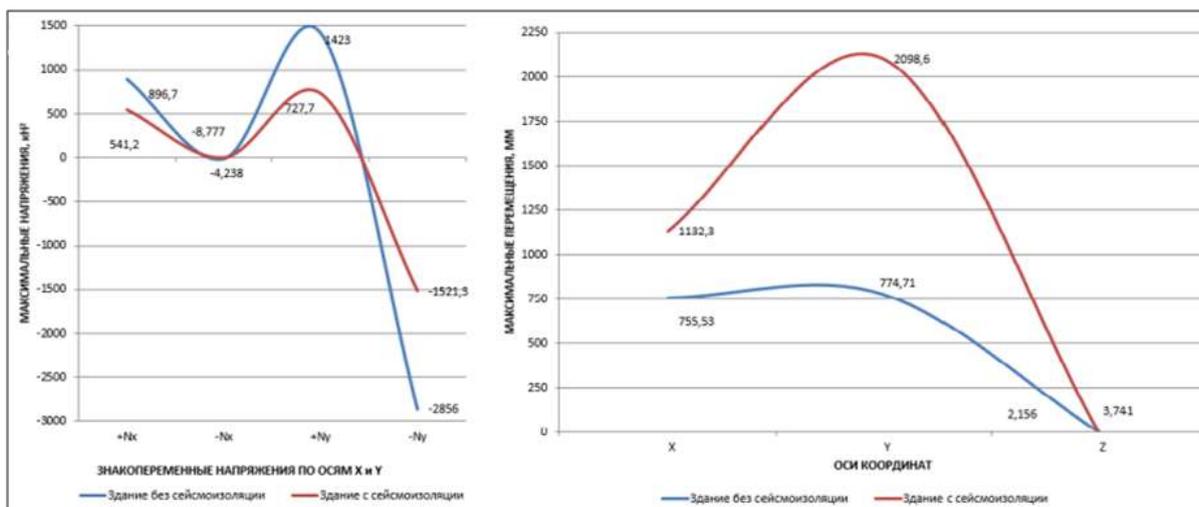


Рис. 5. Результаты расчёта здания: график зависимости напряжений в здании от наличия в нём элементов изоляции основания; график зависимости перемещений от наличия в нём элементов изоляции основания

Выводы. Применение современных методов сейсмического усиления, таких как технология верхнего гибкого этажа и резинометаллические опоры, позволяет значительно повысить безопасность зданий в условиях землетрясений. Эти методы обеспечивают более эффективное распределение и поглощение сейсмической энергии, снижая риск повреждений и обрушений. Однако их применение требует учёта специфических условий каждого проекта, тщательного проектирования и дополнительных финансовых вложений. В результате выбор конкретного метода зависит от множества факторов, включая тип здания, его расположение и бюджет проекта.

Список источников

1. Дулесов А. Н. Управление региональным жилым фондом с позиции сейсмобезопасности / А. Н. Дулесов, О. В. Артюшкин, Т. Н. Плотникова // Проблемы социально-экономического развития Сибири. 2022. № 1 (47). С. 38–42.
2. Поляков В. С. Современные методы сейсмозащиты зданий / В. С. Поляков, Л. Ш. Климник, А. В. Черкашин. М.: Стройиздат, 1989. 320 с.
3. Мурадян Г. К. Необходимость применения современных методов для повышения сейсмovoоружённости существующих зданий // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2018. Т. 2. С. 218–227.
4. Карпов А. Е. Методы сейсмоусиления зданий с несущими стенами из каменной кладки / А. Е. Карпов, Ю. Е. Кошарнова, А. Г. Ласковенко и др. // Вестник науки и творчества. 2016. № 5 (5). С. 206–215.
5. Шибаева Г. Н. Сейсмостойкое строительство в Респ. Хакасия / Г. Н. Шибаева, Е. С. Стародубцева // Инновации в жизнь. 2018. № 1 (24). С. 145–152.
6. Мартимьянов А. И. Восстановление и усиление зданий в сейсмических районах. М.: Стройиздат, 1990. 264 с.
7. Поляков В. С. Опыт возведения зданий с сейсмоизолирующим поясом в фундаменте / В. С. Поляков, Л. Ш. Климник, Л. Л. Солдатова. М.: Стройиздат, 1984. 31 с.
8. Назарова Е. В. Гибкий верхний этаж из лёгких металлоконструкций с использованием перекрёстных систем / Е. В. Назарова, Н. Ю. Аветян, А. С. Марутян // Современная наука и инновации. 2022. № 4 (40). С. 228–238.
9. Ращектаев И. И. Применение специальных методов сейсмозащиты для повышения сейсмостойкости зданий существующей застройки в Магадане / И. И. Ращектаев, Ж. В. Иванова, Г. А. Богданова // Вестник МАЭСС. 2022. № 1 (13). С. 95–100.
10. Демин А. В. Применение композитных материалов для сейсмоусиления строительных конструкций зданий и сооружений / А. В. Демин, Е. К. Салатов, В. А. Шилихина // Студент-инновации России. 2019. Т. 3. № 3. С. 19–23.

4. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 621.462

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЁХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ

И. А. Вересовой, студент;

Р. Т. Емельянов, д-р техн. наук, профессор

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В данной работе приведены исследования процесса 3D-печати в строительстве. Актуальность представленной работы состоит в совершенствовании конструкции печатающей головки принтера, повышении уровня автоматизации строительства. Печатающая головка принтера должна обеспечивать выполнение конструкций в чистовом виде.

Ключевые слова: *строительство, 3D-печать, 3D-принтеры, аддитивные технологии, качество*

С целью демонстрации процесса с применением аддитивных технологий моделирование производится в соответствии с технологической последовательностью работ. Детализация процесса приведена на рис. 1.

Метод послойного экструдирования выступает основным способом аддитивных технологий. Суть данного метода заключается в том, что 3D-машина имеет рабочее «сопло» или печатающую головку, выдавливающую быстротвердеющую бетонную смесь, в которую включаются различные добавки, улучшающие тем или иным способом характеристики будущей конструкции.

Печатающая головка строительного 3D-принтера представлена на рис. 2.

Конструкция печатающих головок 3D-принтеров постоянно совершенствуется [2]. Нами разработана 3D-модель принтера (рис. 3) в программе *Solidworx* с печатающей головкой.

На рис. 4–7 приведены модели элементов принтера.

Строительство объёмных модулей предполагает изготовление отдельных трёхмерных замкнутых блоков на заводе, которые затем соединяются на площадке, образуя единое здание.



Рис. 1. Блок-схема процесса создания информационной модели

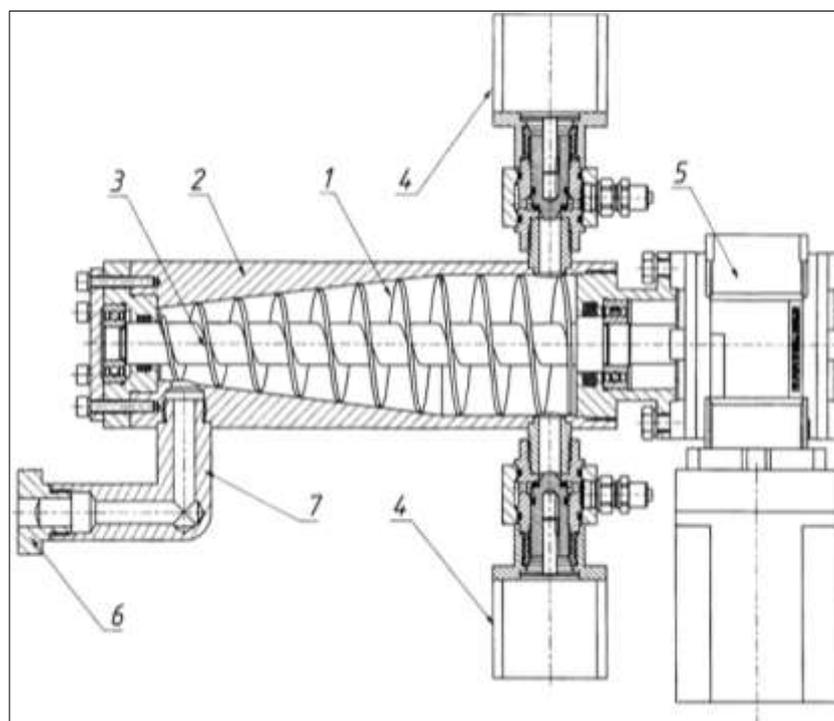


Рис. 2. Печатающая головка строительного 3D-принтера:
1 – экструдер; 2 – корпус; 3 – конус; 4 – клапан; 5 – шнек; 6 – сопло

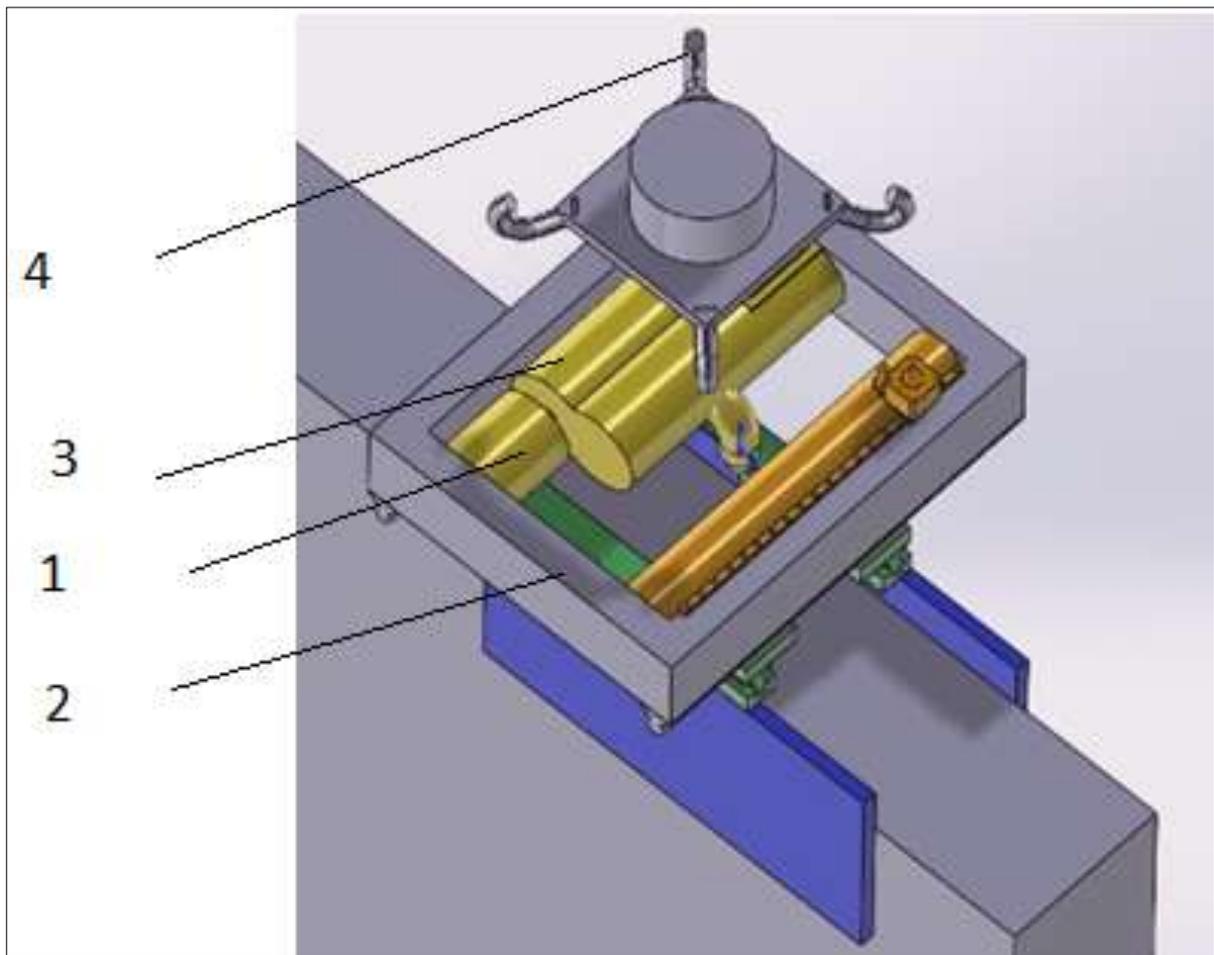


Рис. 3. Модель строительного принтера:
1 – привод шнека; 2 – каретка; 3 – шаговый двигатель; 4 – трос

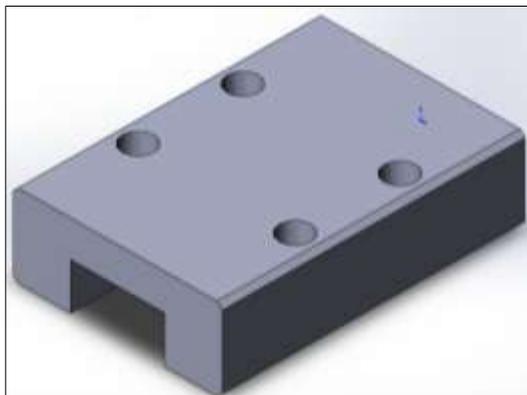


Рис. 4. Привод шнека



Рис. 5. Каретка

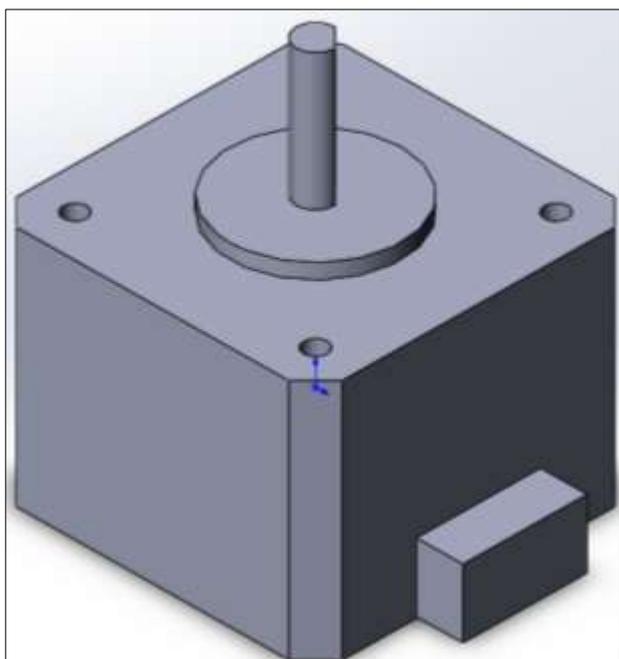


Рис. 6. Шаговый двигатель



Рис. 7. Трос

Список источников

1. Сычев С. А. Технология высокоскоростного строительства малоэтажных зданий // Актуальные вопросы технических наук: матер. междунар. НК. Киров, 2014. С. 71–76.

2. Спыну Г. А. Промышленные роботы: конструирование и применение. Киев: Высшая школа, 2005. 176 с.

3. Погорелов В. А. Особенности технико-экономического обоснования организационно-технологического проектирования реконструкции / В. А. Погорелов, Е. В. Карандина, О. А. Побегайлов // Инженерный вестник Дона. 2013. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2103.

4. Рагулин П. Г. Информационные технологии: эл. учебник. Владивосток: ДВГУ, 2004. 208 с.

АППАРАТ МЕХАНИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД В ЗАДАЧАХ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

К. А. Головин, д-р техн. наук, доцент;

М. А. Кудряшов, канд. техн. наук

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Аннотация. Рассмотрена специфика использования аппаратов механики дисперсной и сплошной среды по отношению к задачам, связанным с расчётом углублённых в грунт сооружений. На основании линейных размеров количественно оценены рамки приложения каждого из указанных научных направлений при использовании технологии гидроструйной цементации.

Ключевые слова: *грунт, сыпучая среда, зернистая среда, дисперсная среда, сплошная среда, гидроструйная цементация*

Введение. Одной из перспективных технологий подземного строительства настоящего времени является технология гидроструйной цементации, открывающая возможность возведения конструкций гражданского назначения и горного производства с формами, существенно расширяющими их функциональный спектр [1; 2]. Вероятно, что при проектировании таких строительных сооружений: тоннелей, противофильтрационных завес, оснований, фундаментов... – решении задач с использованием механических моделей грунта, – наиболее выгодно принять в качестве исходных те характеристики горной породы, которые получены вследствие простых одноосных испытаний. Кроме этого, не вызывает сомнения, что подобные инженерно-геологические изыскания легко осуществимы непосредственно в полевых условиях, с минимальными воздействиями на структуру образцов и, следовательно, имеют наилучшую точность. Однако, в данных случаях возникает необходимость распространения результатов одномерного эксперимента на пространство нескольких базисных направлений. Что, в свою очередь, делает актуальной проблематику выбора научных методов расчёта, основанных: либо на представлении микроструктурных связей в грунтовом массиве и формулировке математических соотношений, соответствующих внутреннему строению горной породы; либо на принятии дополнительных гипотез к известному принципу Карла Терцаги и применении аппарата механики сплошных сред. Цель нижеследующего изложения – рассмотреть специфику и задать область определения для каждого из указанных научных направлений.

Методы механики сыпучих сред. В первом учёные строят модель сыпучей среды, например, в виде: системы слоёв, образованных поверхностями равного давления (на которых присутствуют силы трения и сцепления), приближёнными по форме к очертанию сыпучего тела, – впервые

она предложена У. Ренкиным в работе «Об устойчивости рыхлой земли» [3] и впоследствии развита Н. К. Снитко в монографии «Статическое и динамическое давление грунтов и расчет подпорных стенок» [4]; случайного векторного поля, с размерностью определяемой совокупностью таких характеристик, как плотность, сцепление и влажность, – проиллюстрирована Г. И. Покровским в работе «Исследования по физике грунтов. Элементы физики дисперсных систем применительно к грунтам и почвам» [5]; дискретной системы упорядоченных соприкасающихся упругих выпуклых тел некоторых формы и размеров с вероятностным распределением контактных сил, – наиболее подробно рассмотрена И. И. Кандауровым в книге «Механика зернистых сред и её применение в строительстве» [6].

Э. М. Добров в современном учебнике «Механика грунтов», рекомендованном для направления подготовки по специальности «Транспортное строительство» [7], подчёркивает важность исследований последнего из перечисленных выше авторов. Рассматривает найденные им решения задач о напряжённом состоянии откосов грунтовых массивов и определения напряжений вокруг тоннельной выработки на основе моделей безраспорной и распорной зернистых сред. Теоретические выводы И. И. Кандаурова также упомянуты и развиты в монографии З. Г. Тер-Мартirosяна «Механика грунтов» [8]: исследователь представляет грунт в виде многокомпонентной неоднородной среды и формулирует способы описания напряжённо-деформируемого состояния грунтового массива на основе достижений механики композиционных и гетерогенных материалов – например, исследует поведение грунта как «среды с упругими сферическим включениями различного радиуса с произвольной объёмной долей» [8, с. 101–105].

В целом, характеризуя указанные модели, следует отметить, что они представляют собой мощную аналитическую первооснову, содержат особые физические уравнения, построенные на базе статистики, и хорошо согласуются с экспериментами, – таковы, например: математические выкладки и результаты моделирования сил сцепления между частицами, обусловленных наличием связанной воды в работе Г. И. Покровского [5, с. 33–41]; формулы распределения напряжений в грунтовом массиве при внедрении в него штампа И. И. Кандаурова и их сравнение с опытными данными Иллинойского университета, Пенсильванского колледжа, Комиссии по напряжениям в железнодорожном пути Американской ассоциации гражданских инженеров, а также учёных – Штейнера, Кика, Штрошнейдера, Гольдбека, Кеглера, Шейдига, Плантема, Н. В. Лалетина, Г. И. Покровского, И. С. Федорова, Д. С. Баранова, М. П. Болштынского, В. Ф. Бабкова [6, с. 247–291]... Однако, при несомненной практической значимости исследований, учитывающих структурные особенности горных пород, – они, по словам З. Г. Тер-Мартirosяна: «...требуют совершенствования» [8, с. 91].

Видимо, по этой причине Э. М. Добров в качестве области применения моделей механики сыпучих сред указывает, что примером таковых является разнообразие разновидностей несвязанных песчаных и крупнообломочных грунтов [7, с. 46–47], – а при изучении водонасыщенных, мелкодисперсных систем обращается к классическим формулировкам, основанным на принципе Терцаги. Тем не менее автор не указывает размеры фракций, точно характеризующие рамки использования того или иного научного подхода.

Механика сплошной среды в исследованиях нескальных горных пород. Теперь рассмотрим по отношению к массиву нескальной горной породы, – согласно Терцаги, двухкомпонентной дисперсной системе, – понятие «сплошная среда». Оценка возможности его использования требует охарактеризовать точность замены непрерывным полем напряжений, конечного числа внутренних сил, ограниченных поверхностью любого произвольного элементарного объема. Известно, что эти силы возникают: между твёрдыми частицами вследствие наличия структурных и кристаллических взаимосвязей; физических явлений водно-коллоидной природы, обуславливающих связанность грунта; а также эффектов, присутствующих вследствие наличия свободной воды.

Впервые такая задача сформулирована Н. М. Герсевановым в фундаментальной работе «Основы динамики грунтовой массы»: «Для того чтобы силы, распределённые сплошным образом по элементарной площадке..., могли заменить собою систему отдельных сил, пересекающих её, необходимо, чтобы их равнодействующая имела ту же величину и направление, что и равнодействующая системы отдельных сил» [9, с. 112]. Решение исследователь находит в курсе «Теория упругости» Ф. С. Ясинского [10], который: «...доказывает, что разница между... напряжениями для площадок различной (произвольной) формы, лежащих в одной плоскости, в общем для тел более или менее однородных и мелкозернистых составляет $1/m$ доли от величины напряжения, причём [9, с. 112]

$$\frac{1}{m} \leq \sqrt{\frac{\delta}{L}}, \quad (1)$$

где L – длина одного порядка малости с линейными размерами данного тела; δ – длина одного порядка малости с размерами элемента тела, сохраняющего при делении на малые части все физические свойства, характеризующие данное тело» (Ф. С. Ясинский в своей рукописи формулирует условие «неразрывности» – равенство максимального относительного удлинения образца и суммы удлинений отдельных подобных ему и составляющих его малых частиц при одноосном растяжении (причём все частицы считаются одинаковыми) и на этом основании получает неравенство для «полного сопротивления», а также напряжений [10, с. 217–222].). Н. М. Герсеванов замечает, что выражение (1) пригодно для относитель-

ных оценок точности определения напряжений в дисперсных телах [9, с. 112].

К. В. Руппенейт в работе «Механические свойства горных пород» [11] приводит вывод соотношения (1) и дополняет его следующими замечаниями: «...опытами над растяжением проволок из специальных сталей было показано, что при наличии в поперечном сечении проволоки более 30 зёрен достигается необходимая однородность механических свойств по длине проволоки {Автор ссылается на работу З. Джеффриса, Р. С. Арчера «Наука о металлах» [12]. Примечательно, что в тексте издания указывается количество зёрен, большее 50 [12, с. 89]}... Другими опытами с металлами было установлено, что при измерении деформации малобазными тензометрами при расположении в пределах базы тензометра более 10 зёрен зернистость структуры практически перестаёт сказываться на результатах измерений деформации {В качестве источника К. В. Руппенейт указывает книгу И. Чохральского «Современная металлургия: в теории и практике» [13]}». Приняв в расчёт опытный результат с большим количеством зёрен и предположив, что они укладываются лишь в половине поверхности элементарного объёма, а оставшуюся занимает некоторое связующее, исследователь приводит формулу для величины δ в выражении (1) «как диаметра равновеликой площадки кругового очертания»:

$$\delta = 6,7d, \quad (2)$$

где d – средний диаметр зёрен [9, с. 13–14].

Также автор на основе выполненных по формулам (1) и (2) расчётов и характеристик большого числа распространённых горных пород делает следующий вывод: «...при определении напряжений в массивах горных пород относительная погрешность в зависимости от зернистости структуры не превосходит обычно допустимых пределов... применение методов механики сплошной среды для изучения напряжений в массивах, образованных горными породами, и в закладочных массивах не менее закономерно, чем использование этих методов для расчетов искусственных сооружений» [11, с. 15]. В табл. 1 представлены результаты вычислений величины L при значении $1/m$, равном 0,1 для грунтов и диаметров фракций, указанных в используемой на практике межгосударственной номенклатуре «Грунты. Классификация» ГОСТ 25 100–2020 [14].

В дополнение к данным расчёта (табл. 1) приведём замечание С. Б. Ухова, В. В. Семенова, В. В. Знаменского, З. Г. Тер-Мартirosяна и С. Н. Чернышева, сделанное в книге «Механика грунтов, основания и фундаменты»: «...размеры образца грунта для экспериментального определения характеристик его механических свойств в предположении сплошности материала должны быть значительно больше линейного размера элементарного объёма... Применение аппарата механики сплошной среды для расчетов напряжений и деформаций в массиве грунта оказывается справедливым только в тех случаях, когда размеры массива и размеры

площадок, через которые передаются нагрузки на массив, значительно больше размера элементарного объёма грунта... В большинстве случаев для (песчаных и глинистых грунтов) эти условия всегда выполняются... Значительно осторожнее следует относиться к использованию модели сплошной среды в случае крупнообломочных и галечных грунтов...» [15, с. 60–61].

Таблица 1

Некоторые линейные размеры элементарных объёмов грунта,
позволяющие считать их сплошными
(по Ф. С. Ясинскому и К. В. Руппенейту)

Грунт	Максимальный размер (диаметр) фракций (мм)	δ (мм)	L
Галька (щебень)	200	1 340	134,0 м
Гравий (дресва)	10	670	67,0 м
Песчаные частицы	2	13,4	1,4 м
Пылеватые частицы	0,05	0,335	33,5 мм
Глинистые частицы	0,002	0,0134	1,3 мм

Обобщая вышеизложенное, если линейные размеры объектов строительства характеризуются масштабами около десятков метров, то согласно результатам, приведённым в табл. 1, можно сделать следующий вывод – аппарат механики сплошной среды применим для грунтов образованных глинистыми, пылеватыми и песчаными частицами; для пород выветривания с фракциями более крупных размеров, таких как гравий и галька, следует использовать модели механики сыпучих сред. При этом наименования фракций определены диаметрами частиц по ГОСТ 25 100–2020. В том случае, когда линейные размеры основания возводимого сооружения кратны сотням метров, использование гипотезы сплошности не имеет каких-либо ограничений для всех видов нескальной горной породы.

Учитывая, что инновационные конструкции, возводимые с помощью технологии гидроструйной цементации, имеют модульное устройство: представляют собой совокупность грунтобетонных колонн и стен, с линейными размерами масштаба единиц и десятков метров [1, с. 374–382; 2, с. 71–80, 103–111], то использование аппарата механики сплошных сред при изучении характера взаимодействия сооружений с грунтовым массивом уместно при размере фракций частиц, не превышающем 2 мм (табл. 1).

В заключение заметим: собственно, И. И. Кандауров, резюмируя свою научную работу по механике зернистых сред отмечает, что полученные им теоретические результаты представляют собой дифференциальные уравнения равновесия Навье подразумевающие гипотезу континуума, но дополненные отличными от используемых в механике сплошных сред физическими соотношениями [6, с. 292]. Аналогично и З. Г. Тер-Мартин-

росян применяет в решениях задач зависимости классических теории упругости и пластичности, в которые вводит эквивалентные или приведённые механические характеристики [8, с. 89–92]. Так что исторически учёные склоняются ко второму случаю обобщения результатов одномерных экспериментов, т. е. к применению для трёхмерного анализа напряжённо-деформируемого состояния грунта фундаментальных методов механики сплошных сред вместе с дополнительными условиями и гипотезами.

Список источников

1. Бройд И. И. Струйная геотехнология. М.: АСВ, 2004. 448 с.
2. Бреннер В. А. Разработка оборудования для закрепления массивов неустойчивых горных пород методом гидроструйной цементации / В. А. Бреннер, К. А. Головин, А. Е. Пушкарев. Тула: ТулГУ, 2007. 206 с.
3. Rankine W. On the Stability of Loose Earth // *Philosophical Transactions of the Royal Society, London, Part I*, 1857. Pp. 9–27.
4. Снитко Н. К. Статическое и динамическое давление грунтов и расчёт подпорных стенок. Л.: Госстройиздат, 1963. 296 с.
5. Покровский Г. И. Исследования по физике грунтов. Элементы физики дисперсных систем применительно к грунтам и почвам. М.; Л.: Глав. редакция строительной лит-ры, 1937. 136 с.
6. Кандауров И. И. Механика зернистых сред и её применение в строительстве. М.; Л.: Изд-во лит-ры по строительству, 1966. 320 с.
7. Добров Э. М. Механика грунтов: учебник. М.: Академия, 2008. 272 с.
8. Тер-Мартirosян З. Г. Механика грунтов: учеб. пособие. М.: АСВ, 2005. 488 с.
9. Герсеванов Н. М. Основы динамики грунтовой массы. М.; Л.: Глав. редакция строительной лит-ры, 1937. 242 с.
10. Ясинский Ф. С. Теория упругости. Рукопись, литография, 1897. 239 с.
11. Руппенейт К. В. Механические свойства горных пород. М.: Углетехиздат, 1956. 324 с.
12. Jeffries Z. *The Science of Metals* / Z. Jeffries, R. S. Archer. New York: McGraw-Hill, 1924. 460 p.
13. Czochralsky I. *Moderne Metallkunde: in Theorie und Praxis*. Berlin: Verlag von Julius Springer, 1924. 292 p.
14. ГОСТ 25 100-2020. Грунты. Классификация. М.: Стандартинформ, 2020. 38 с.
15. Ухов С. Б. Механика грунтов, основания и фундаменты / С. Б. Ухов, В. В. Семенов, В. В. Знаменский и др. 2-е изд. М.: Высшая школа, 2002. 556 с.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ В РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ АКУСТИКИ

В. Э. Гонепровская, студент;

О. А. Трофимова, старший преподаватель

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Россия

Аннотация. Целью акустического расчёта является определение звукоизоляции существующих ограждающих конструкций помещения на предмет их соответствия нормативным показателям, а также разработка комплекса мероприятий и рекомендаций по устройству дополнительной звукоизоляции. Выполнен расчёт времени реверберации. Расчёты и оценки указанных параметров акустического качества зала выполнены для сравнения с требованиями действующих нормативных документов.

Ключевые слова: акустический расчёт, зрительские кресла, звукоизоляция, время реверберации, коэффициент звукопоглощения, отделка зала

Шум является одним из основных факторов, влияющих на качество жизни человека. Он окружает нас повсюду: в офисах, квартирах, улицах. Постоянный шум приводит к стрессу, нарушает концентрацию и сон, ухудшает здоровье. В современном мире, стремительно развивающемся и густонаселённом, проблема звукоизоляции в строительстве приобретает всё большее значение.

Все участники процесса строительства – от архитекторов и дизайнеров до инженеров и строителей, должны уделять должное внимание вопросам звукоизоляции. При проектировании зданий необходимо использовать специальные материалы, разработанные для минимизации перехода звука. Также необходимо учитывать оптимальное размещение помещений, расстояние между ними, чтобы обеспечить наилучшую шумоизоляцию.

Исходные данные для исследования. Зал для речевых и музыкальных выступлений, а также видео показа с объемом в пределах $V = 3\,300\text{ м}^3$. В зале размещается 403 зрительских кресла. Внутренние стены – толщиной 200 мм, также есть стены – толщиной 300 мм, имеются остеклённые противопожарные перегородки, междуэтажные перекрытия – толщиной 250 мм, конструкции полов – цементно-песчаная стяжка по засыпке из мелкофракционного керамзита со звукоизоляционной прокладкой.

После сравнения значений мы видим, что не все конструкции удовлетворяют нормативным значениям.

Нормативные требования по изоляции ударного шума монолитным междуэтажным перекрытием не соблюдаются. Для конструкции междуэтажного перекрытия с выполненным звукоизоляционным полом требования по изоляции ударного шума будут соблюдены.

Таблица 1

Результаты расчётов звукоизоляции существующих конструкций

Тип конструкции	Наименование конструкции	R_w (расчётное/нормативное) (дБ)	L_{nw} (расчётное/нормативное) (дБ)
Стена	Пенобетон 200 мм, оштукатуренный	48/48	–
	Монолитный ж/б 300 мм	63/48	–
Перекрытие	Монолитный ж/б 250 мм	60/47	72/63
	Монолитный ж/б 250 мм с конструкцией звукоизоляционного пола	62/47	51/63

Определение основных требований к акустике зала. В соответствии с [1] для зала должны быть соблюдены объёмно-планировочные требования: длина зала, габариты и пропорции, удельный объём на количество зрительских мест в зале.

Время реверберации является важным критерием акустического качества зала, который определяется исходя от назначения зала и его объёма.

Таблица 2

Основные размеры и пропорции зала

Параметр	Расчётное значение	Рекомендуемое значение по [2]
Объём зала V (м ³)	3 300	–
Количество мест в зале N	403	–
Длина зала L (м)	21,8	< 27–28
Высота зала H (м)	7,6	–
Ширина зала B (м)	21,0	–
Отношение длины зала к ширине (L/B)	1,03	$1 < L/B < 2$
Отношение ширины зала к высоте (B/H)	2,7	$1 < B/H < 2$
Удельный объём на зрительное место (V/N) (м ³)	7,99	4–6

Оценка равномерности поступления ранних отражений к зрительским местам в зале. В соответствии с [2] допустимыми запаздываниями при поступлении отражении в зоны зрительских мест зала считаются интервалы Δt от 20 до 30 мс. При этом меньшее значение Δt предпочтительнее для речи, большее значение предпочтительнее для музыки (рис. 1).

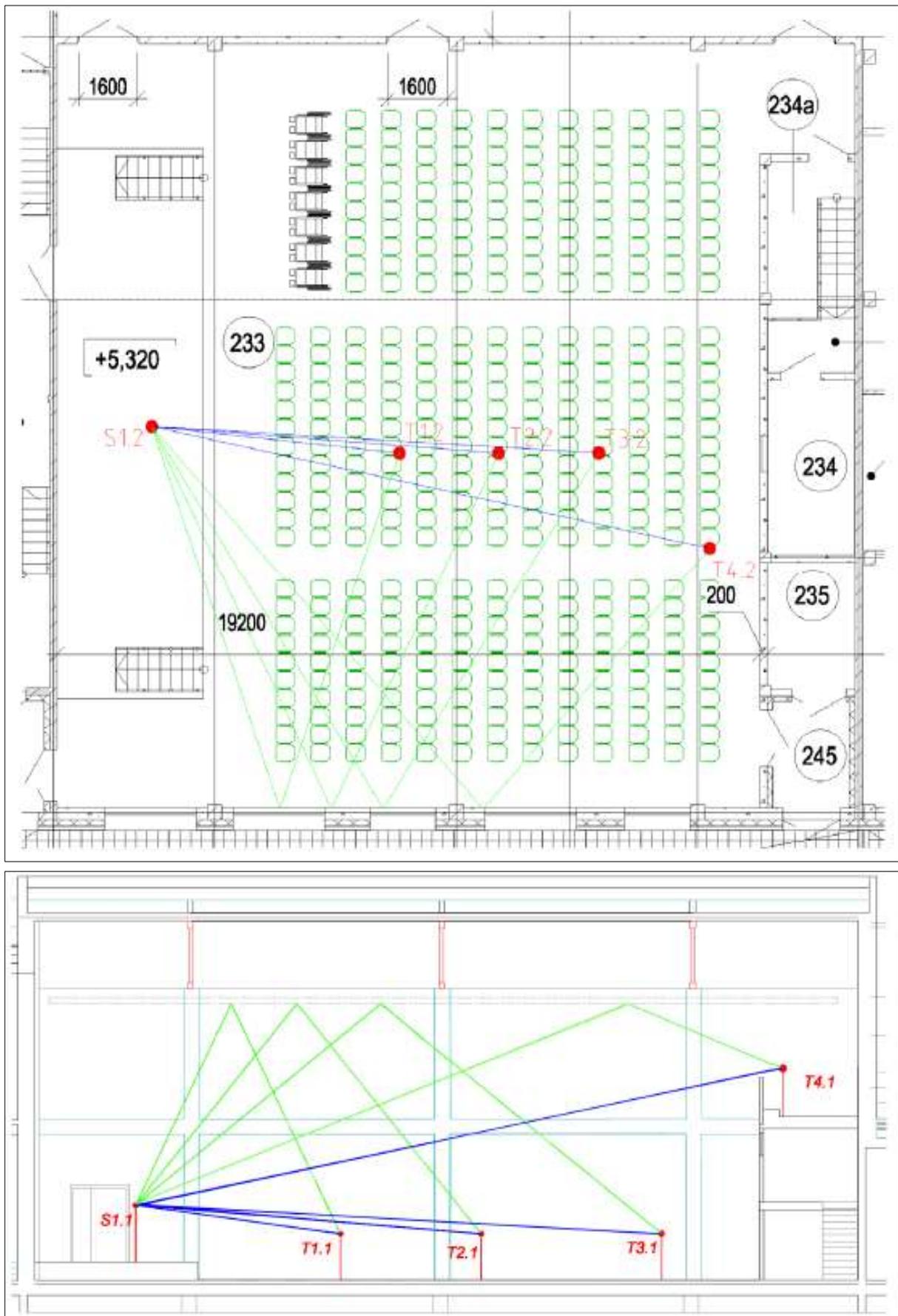


Рис. 1. Точки T1.2 – T4.2 приёмника и точка S1.2 источника для оценки запаздывания первых отражений от стен зала

Расчёт частотной характеристики значений времени реверберации. Выполним расчёт, подобрав необходимый фонд звукопоглощения, обеспечивающий значения времени реверберации зала в пределах рекомендуемых границ.

Таблица 3

Расчёт значений времени реверберации (рис. 2)

Материал	Площадь/ кол-во S	Коэффициент звукопоглощения α на частотах (Гц)					
		125	250	500	1 000	2 000	4 000
Стены, облицованные «Аудек» (без перфорации) (m^2)	358,6	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
	$\alpha \times S$	7,17	7,17	7,17	10,76	14,34	14,34
Стены, облицованные «Аудек» (с перфорацией) (m^2)	120,0	0,40	0,60	0,50	0,35	0,20	0,15
	$\alpha \times S$	48,00	72,00	60,00	42,00	24,00	18,00
Потолок зала с окраской водоэмульсионной краской (m^2)	319,5	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
	$\alpha \times S$	6,39	6,39	6,39	9,59	12,78	12,78
Потолок зала с акустическими панелями <i>Esophon</i> <i>Solo Rectangle</i> (шт.)	48	0,90	2,40	3,40	4,00	4,10	3,80
	$\alpha \times S$	43,20	115,20	163,20	192,00	196,80	182,40
Покрытие пола из ламината (m^2)	372,5	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
	$\alpha \times S$	14,90	14,90	26,08	22,35	22,35	26,08
Покрытие со складками на сцене (m^2)	28,0	0,05	0,30	0,45	0,70	0,65	0,50
	$\alpha \times S$	1,40	8,40	12,60	19,60	18,20	14,00
Двери (m^2)	48,0	0,15	0,10	0,10	0,10	0,08	0,06
	$\alpha \times S$	7,20	4,80	4,80	4,80	3,84	2,88
Окна (m^2)	66,7	0,30	0,20	0,15	0,10	0,06	0,04
	$\alpha \times S$	20,01	13,34	10,01	6,67	4,00	2,67
Кресла жёсткие со слушателем (70 %) (шт.)	280	0,20	0,25	0,30	0,35	0,35	0,35
	$\alpha \times S$	56,00	70,00	84,00	98,00	98,00	98,00
Кресла жёсткие пустые (30 %) (шт.)	120	0,02	0,02	0,03	0,4	0,04	0,05
	$\alpha \times S$	2,40	2,40	3,60	4,80	4,80	6,00
Добавочное поглощение (m^2)	1 473	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	$\alpha \times S$	88,39	58,92	58,92	58,92	58,92	58,92
Эквивалентное звукопоглощение $A_{\text{общ}}$		295,05	373,52	436,76	469,48	458,04	436,07
Средний коэффициент звукопоглощения $\alpha_{\text{ср}}$		0,20	0,25	0,30	0,32	0,31	0,30
Время реверберации (с)		1,40	1,15	0,95	0,85	0,85	0,85

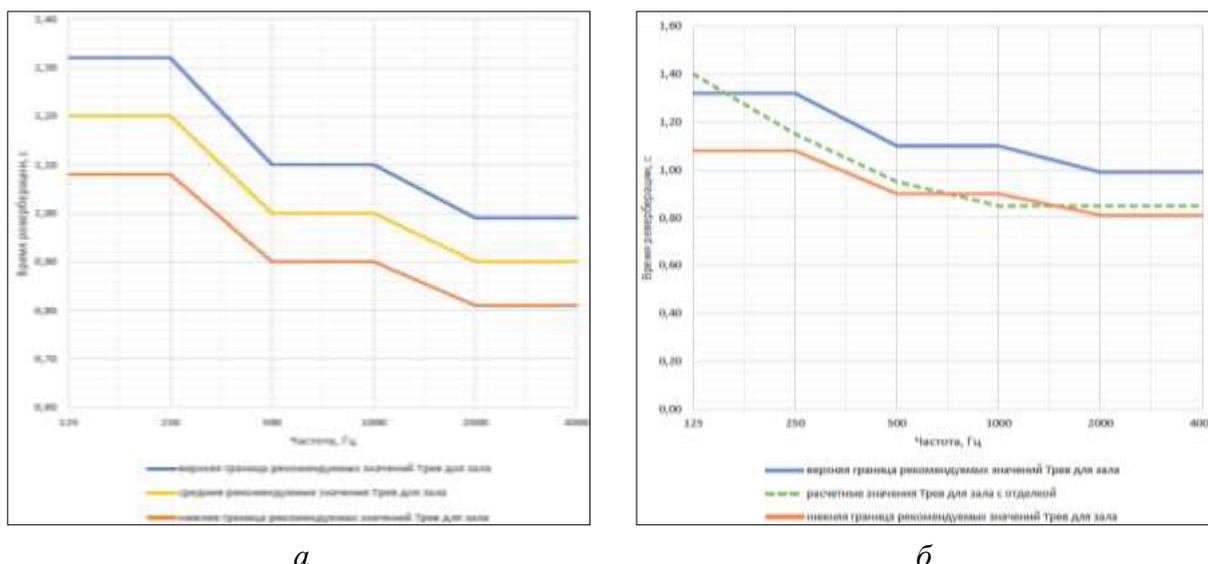


Рис. 2. Значения времени реверберации для зала: а – оптимальные; б – расчётные

При расчёте предполагалось, что заполнено 70 % зрительских мест в зале в соответствии с методикой расчёта [3]. Площадь пола под занятыми местами не учитывалась. Как видно из табл. 3 и рис. 2, отклонения значений времени реверберации от обозначенных границ незначительны.

Размещение материалов отделки зала. Из расчёта мы видим, что не обязательно применять высокоэффективные звукопоглощающие материалы, т. к. обеспечение оптимальных значений, напрямую связано с требованиями к конструктивному исполнению облицовок при отделке зала.

Вывод: в акустическом расчёте были приняты листовые материалы (панели) с увеличением толщины и массы отделки при обеспечении высокой жесткости их крепления, а также исключения применения ковровых покрытий на полу.

Стены зала. На стенах зала размещается два вида декоративной облицовки: акустическими шпонированными панелями «Аудек» с перфорацией (звукопоглощающие) и шпонированными панелями «Аудек» без перфорации (отражающие) (рис. 3 и 4).

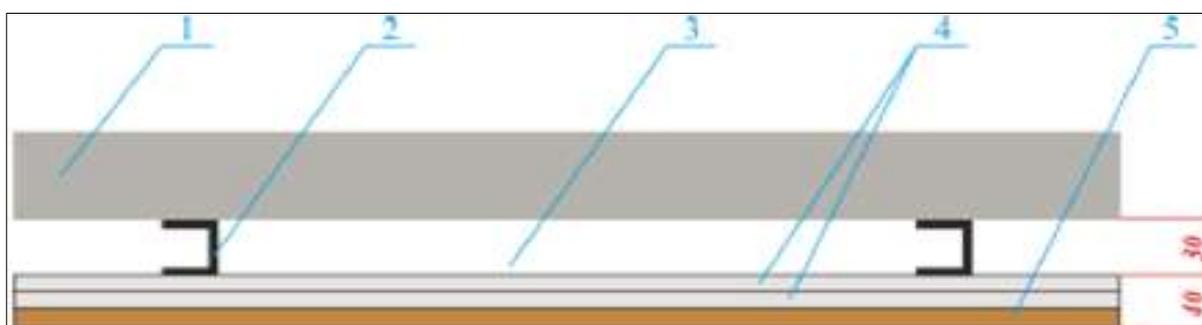


Рис. 3. Общая схема устройства облицовки стен панелями без перфорации (в разрезе):

- 1 – поверхность стены; 2 – металлический каркас типа «Кнауф» толщиной не более 30 мм для крепления облицовки; 3 – воздушная полость не более 30 мм;
- 4 – гипсокартонные листы толщиной 2×12,5 мм; 5 – декоративная шпонированная панель «Аудек» без перфорации толщиной 13 мм

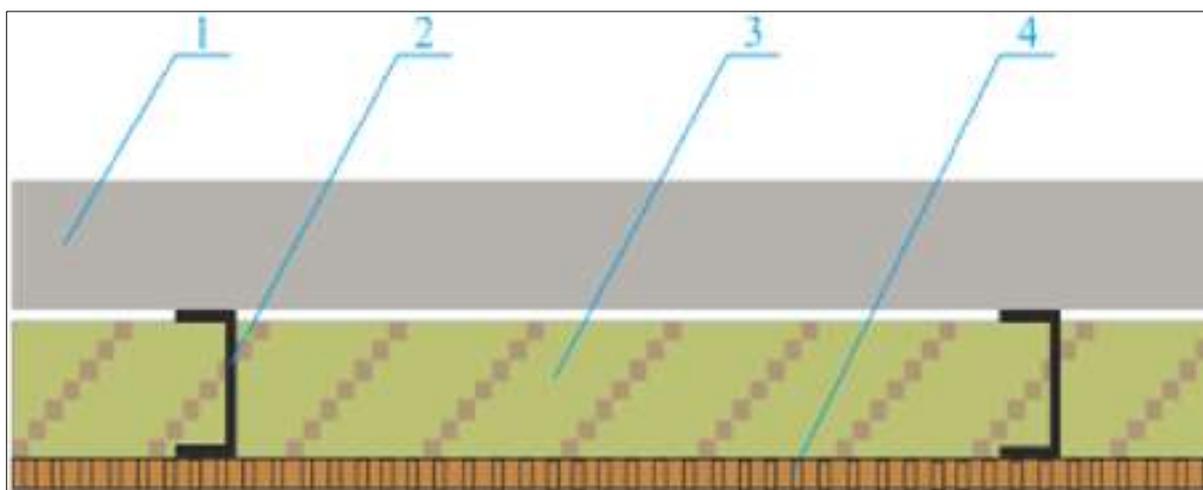


Рис. 4. Общая схема устройства облицовки стен панелями с перфорацией (в разрезе):
 1 – поверхность стены; 2 – металлический каркас типа «Кнауф» для крепления облицовки; 3 – звукопоглощающая плита «Акустовь-ШБ» толщиной 50 мм;
 4 – декоративная перфорированная акустическая панель «Аудек» с отделкой шпоном толщиной 13 мм

На стенах зала допускается размещение осветительных приборов, акустических систем и других элементов, способствующих дополнительному рассеиванию звуковых волн.

Кресла. В зале применяются жёсткие кресла. В партере и на балконе – кресла с жёсткой спинкой и сидением.

Пол зала. Чистовое покрытие пола зала в партере выполняется из ламината.

Пол сцены выполняется из ламината. Также конструктив сцены должен иметь высокую жёсткость и поверхностную массу. Необходимо проверить, чтобы поверхностная масса конструкции настила пола сцены вместе с чистовым покрытием составляла не менее 30 кг/м^2 .

Потолок зала. На потолке зала над зоной партера размещаются акустические панели. Панели представляют собой свободно висящий элемент, цветовая гамма и типы подвесов которого обеспечивают большое количество вариантов дизайна.

Также на поверхности потолка допускается размещение осветительных приборов и других элементов, способствующих дополнительному рассеиванию звуковых волн.

Выводы. В акустическом расчёте актового зала выполнен анализ объёмно-планировочного решения, произведён расчёт частотной характеристики значений времени реверберации в зале с предполагаемой отделкой, выполнена оценка запаздывания поступления ранних отражений от поверхностей залов. Значения и форма времени реверберации в зале с подобранным количеством акустических материалов соответствует рекомендуемым значениям для залов данного объёма с незначительными отступлениями, существенно не влияющими на акустические свойства зала.

Список источников

1. СН 2.2.4/2.1.8.562-9. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. М.: Московский НИИ гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана, 1996. 43 с.
2. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуал. ред. СНиП 23-03-2003. М.: Росстандарт, 2011. 38 с.
3. Руководство по акустическому проектированию залов многоцелевого назначения средней вместимости. 2-е изд. М.: Стройиздат, 1981. 102 с.

ОСОБЕННОСТИ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ ПРИ АНАЛИЗЕ ПОЛИМЕРНО-БИТУМНЫХ СМЕСЕЙ

П. А. Дужий¹, студент;

Е. О. Прокудин², студент;

В. Е. Николаевский², канд. воен. наук, доцент;

Л. С. Шибряева^{1,3}, д-р хим. наук, профессор

¹МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия

²Российский университет транспорта (МИИТ), Москва, Россия

³Институт биохимической физики им. Н. М. Эмануэля РАН, Москва, Россия

Аннотация. ИК-спектроскопия является эффективным методом анализа, который позволяет качественно исследовать полимерно-битумные вяжущие и их компоненты. Этот подход крайне удобен для оценки инструментальных методов работы со смесями в условиях повышенных требований к современным составам, предусмотренных методологией объёмно-функционального проектирования.

Ключевые слова: ИК-спектроскопия, бутадиен-стирольные термоэластопласты, полимерно-битумные вяжущие

В последние годы развитие российской и мировой науки приводит к взаимопроникновению знаний и точных методов исследований из сугубо теоретических в исключительно практические области техники и технологии.

Так, в дорожно-строительную отрасль внедряются методы оценки качественного состава полимерно-битумных вяжущих (далее – ПВВ), основанные на физико-химическом изучении особенностей строения компонентов асфальтобетонных систем – например, фиксации частоты валентных колебаний пар атомов разных типов, связанных валентными связями. Привлечение знаний в области физикохимии полимеров открывает возможность количественной оценки содержания в составе вяжущего полимерных модификаторов типа бутадиен-стирольных термоэластопластов – единственного типа полимеров, использование которого для модификации законодательно закреплено национальным стандартом ГОСТ Р 52 056-2003.

Среди физико-химических методов, применяемых для качественного и количественного анализа полимеров и полимерных композиционных материалов, важное место занимает ИК-спектроскопия. При поглощении веществом излучения в ИК-диапазоне происходит изменение колебательного состояния молекулы. Наблюдаемые при этом спектральные полосы соответствуют колебаниям определённых структурных фрагментов. Наиболее информативной является область спектра от 2,5 до 25 мкм (диапазон волновых чисел от 400 до 4 000 см⁻¹). Интерпретация ИК-спектров, анализ

характеристических полос позволяют получить важную информацию о химическом строении как отдельных молекул, так и сложных макромолекулярных систем, установить наличие и взаимное расположение тех или иных групп атомов и т. д. В случае анализа полимеров метод ИК-спектроскопии предоставляет исследователю возможность решить следующие задачи: определить строение макроцепи, выявить те или иные особенности состава и структуры, являющиеся следствием технологии получения или переработки полимера, провести идентификацию и количественный анализ примесей, содержащихся в образце полимера.

Для проведения испытаний данного типа применяются ИК-спектрометры, производство которых давно и широко налажено на территории России. Применение указанного метода позволяет оперативно и точно определять состав используемого на объекте ПБВ. Более того, аналогичным образом возможна и оценка содержания СБС-полимера в составе вяжущего, экстрагированного из покрытий после их эксплуатации в течение достаточно продолжительного периода времени. Это позволяет заказчику не только проконтролировать обоснованность применения вяжущих в ранее завершённых проектах, но и оценить качественные показатели ПБВ разных производителей, использованных на реальных дорожных объектах в конкретном регионе с целью заключения впоследствии долговременных контрактов на поставку ПБВ из надёжного источника.

При получении ИК-спектров полимеров обычно имеют дело с образцами, находящимися в твердом состоянии. Особенно значительное влияние оказывает термическое и механическое воздействия. Необходимо также учитывать, что СБС-полимер может быть структурно неоднороден, имея области различной упорядоченности. Упорядоченные области полимера возможно количественно охарактеризовать степенью кристалличности в случае, когда кристаллическую фазу можно однозначно идентифицировать.

При анализе ИК-спектров рассматриваемого типа сополимеров – бутадиен-стирольных термоэластопластов (БС ТЭП, СБС-полимеров) – важно учитывать, что характер спектра будет также зависеть от соотношения мономеров. В технических бутадиен-стирольных каучуках преобладает структура транс-полибутадиена, на спектр которой лишь незначительно влияет слабое поглощение стирола при 962 см^{-1} . В случае малого содержания в сополимере 1-2-изомера искажения могут вызываться очень слабой полосой поглощения при 906 см^{-1} . На характер полос поглощения также влияет колебания кольца стирола при 699 см^{-1} , что может сказываться на качественном и количественном определении цис-структуры в полимере. Интенсивность поглощения самой же фенильной группы не зависит от длины блока, но зависит от содержания мономера в БС ТЭП, отчего интенсивность снижается при уменьшении содержания стирольной группы. Напомним, что соотношение 1–2 и 3–4 изомеров варьируется в разных марках доступных БС ТЭП, что не может не сказываться на виде ИК-спектров. Наглядной иллюстрацией могут служить кривые ИК-спектров

БС ТЭП, представленные на рис. 1. Различия в соотношении двухблочных и трёхблочных компонентов отражаются на высоте пиков при разном волновом числе. На контур полосы влияет множество факторов. Несомненно, что длины блоков оказывают влияние на интенсивность поглощения [1].

Препарирование гранул СБС-полимера предполагает, что гранула полимера разрезается примерно пополам, укладывается ровной частью среза на окошко НПВО (размер – 1×1 мм) и прижимается специальным распорным зажимом. Таким образом обеспечивается максимальная площадь контакта исследуемого образца полимера и предметного стекла. Затем в автоматическом режиме снимается ИК-спектр. Полученный спектр интерпретируется согласно справочным данным [1; 2].

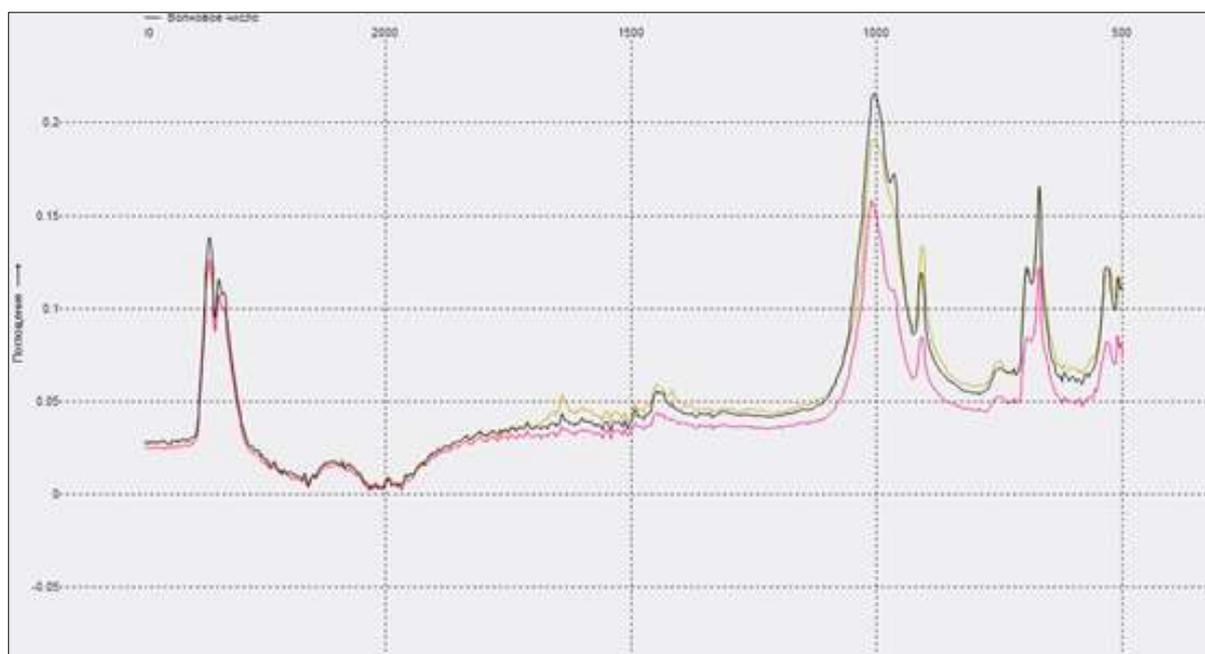


Рис. 1. ИК-спектры трёх марок СБС-полимеров различного состава

Метод ИК-спектроскопии оказывается эффективным как при анализе чистых полимеров, так и непосредственно ПБВ. В этом случае спектр будет информативен не только как количественный подход к оценке состава ПБВ, но и как способ идентификации содержания тех или иных функциональных групп в составе битумно-полимерной смеси, но и как средство анализа взаимодействия полимера с компонентами битума. Введение БС ТЭП в горячий битум при получении ПБВ приводит к образованию физической сетки, которая улучшает эксплуатационные характеристики материала [2; 3]. Ход протекания этого процесса также можно проанализировать с помощью метода ИК-спектроскопии. Реализованный в работе подход к определению содержания в БВ СБС-полимеров, безусловно, может быть использован для объективной инструментальной оценки состава ПБВ, что крайне важно в условиях перехода на работу в соответствии с требованиями к дорожным вяжущим, предусмотренных методологией объёмно-функционального проектирования.

Список источников

1. Дехант И. ИК-спектроскопия полимеров / И. Дехант, Э. Ф. Олейник. ГДР, 1972. 472 с.

2. Макаров Д. Б. Изучение битумно-полимерных вяжущих, модифицированных смесевыми термоэластопластами, методом ИК-спектроскопии / Д. Б. Макаров, Э. М. Ягунд // Известия КГАСУ. 2015. № 4. С. 34.

3. Небратенко Д. Ю. Особенности ультрафиолетового старения полимерно-битумных вяжущих // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2024. № 3 (49). С. 24–30.

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В СРЕДЕ DYNAMO REVIT

Д. Н. Желонин, студент;

Р. Т. Емельянов, д-р техн. наук, профессор

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В данной работе приведены основные преимущества параметрического проектирования в среде Dynamo Revit. Анализ необходим для более точного представления процессов по повышению качества выпускаемой продукции, а также контролю всех технологических процессов. Актуальность представленной работы в первую очередь связана с быстрыми темпами развития промышленности и наступлением 4-й промышленной революции, а именно внедрением киберфизических систем в производство.

Ключевые слова: *строительство, объект, визуальное программирование, BIM-модель*

Введение. *BIM* – это цифровое представление объекта, которые включает в себя не только трёхмерные (3D) геометрические модели, которые непосредственно могут создавать 2D- и 3D-чертежи. *BIM* также может предоставить конкретную информацию по широкому спектру строительных элементов и систем, связанных со зданием (например, конструкции стен, свойства материалов, пространства и тепловые зоны, системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (*HVAC*), геопространственная информация, пространственная нагрузка и т. д.). Эта информация может быть использоваться при *BIM*-моделировании в задачах строительства и архитектуры для других целей анализа данных.

Использование *BIM* в качестве основного хранилища для информации о строительном проекте произвело революцию в управлении проектами. Визуальное программирование – способ написания программы с использованием графических объектов. Визуальное программирование часто представляют как следующий этап развития текстовых языков программирования. Создание объектов включает установление визуальных, системных или геометрических отношений между частями строения. Они развиваются рабочими процессами, которые приводят нас от концепции к результату посредством правил. Возможно, когда мы не знаем об этом, мы работаем алгоритмически – определяем пошаговый набор действий, которые следует базовой логике ввода, обработки и вывода. Визуальное программирование позволяет нам продолжать работать таким образом, но путём формализации наших алгоритмов.

В процессе тестирования скрипта было выявлено, что при наличии в номере пространств нечисловых значений (например, номер выглядит следующим образом: «316/2» либо «316а») происходит сбой и скрипт отказывается сопоставлять номер пространства с табличными значениями, но данную проблему легко устранить, используя *Python*.

Нетрудно заметить, что, используя *Python*, решить выявленную проблему можно элементарным способом, без необходимости обращаться напрямую к элементам через *Revit API*.

Связка *Revit* и *Dynamo* предлагает значительную функциональность для параметрического моделирования. Параметрическое моделирование – это методология, с помощью которой модели определяются и ограничиваются с помощью переменных параметров. Эти параметры могут быть скорректированы для изучения различных возможностей внутри создаваемой модели. Это очень эффективно при создании и тестировании вариаций на ранних стадиях проектирования, поскольку может значительно сократить время отрисовки, а также упростить оптимизацию с помощью моделирования. Весомым плюсом использования *Dynamo* является огромное количество библиотек узлов, разработанных пользователями (например, *Honeybee* и *Ladybug*).

Honeybee и *Ladybug* – бесплатные плагины с открытым исходным кодом для *Grasshopper* и *Dynamo*, разработанные *Mostapha Sadeghipour Roudsari* и его коллегами. Они являются частью большого пакета экологических инструментов, известных как *Ladybug*. Плагины соединяют среду визуального программирования с проверенными пакетами для моделирования; *Radiance*, *Daysim*, *OpenStudio* и *EnergyPlus*.

При помощи узлов, показанных на рис. 2 можно импортировать данные о климате из файла в формате **epw*, полученного от *EnergyPlus*.

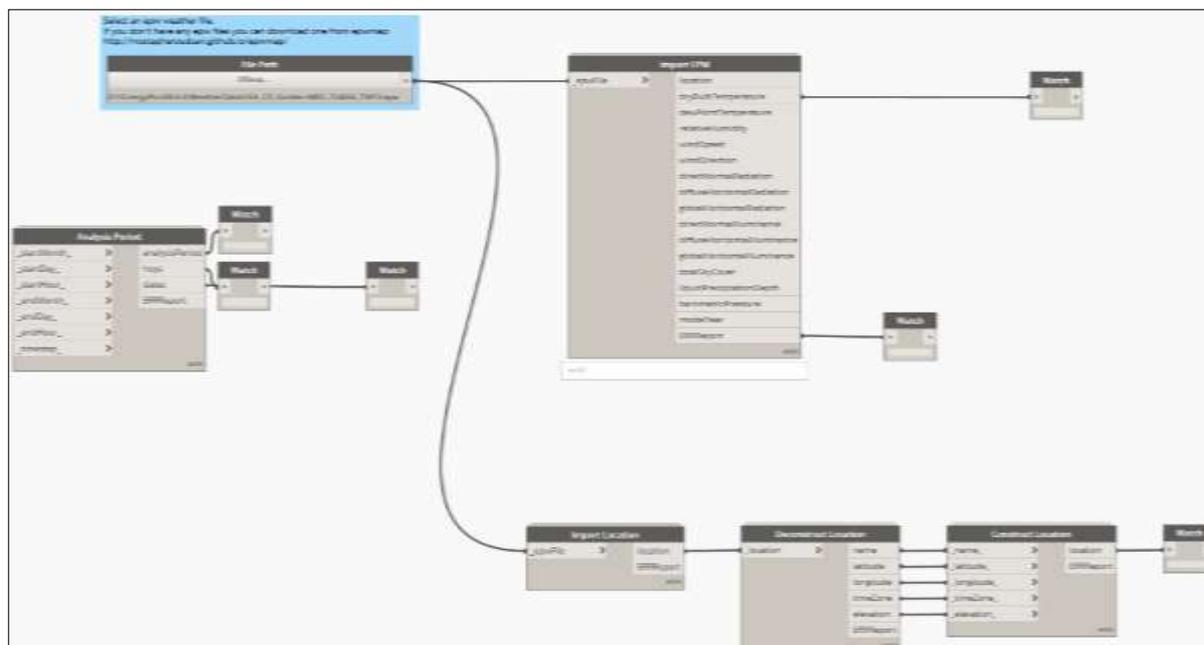


Рис. 2. Импорт данных из файла

При выполнении симуляции поступления солнечного света большая часть вычислений выполнялась за пределами *Dynamo* с помощью пакета для симуляции *Radiance*. *Honeybee* использовалась для формулирования параметров и входных данных для симуляции и для соединения *Dynamo* с *Radiance*. Настройка рабочего процесса *Honeybee* в Динамо была простой задачей, т. к. узлов относительно мало, а их соединения друг с другом легко понять (рис. 3).

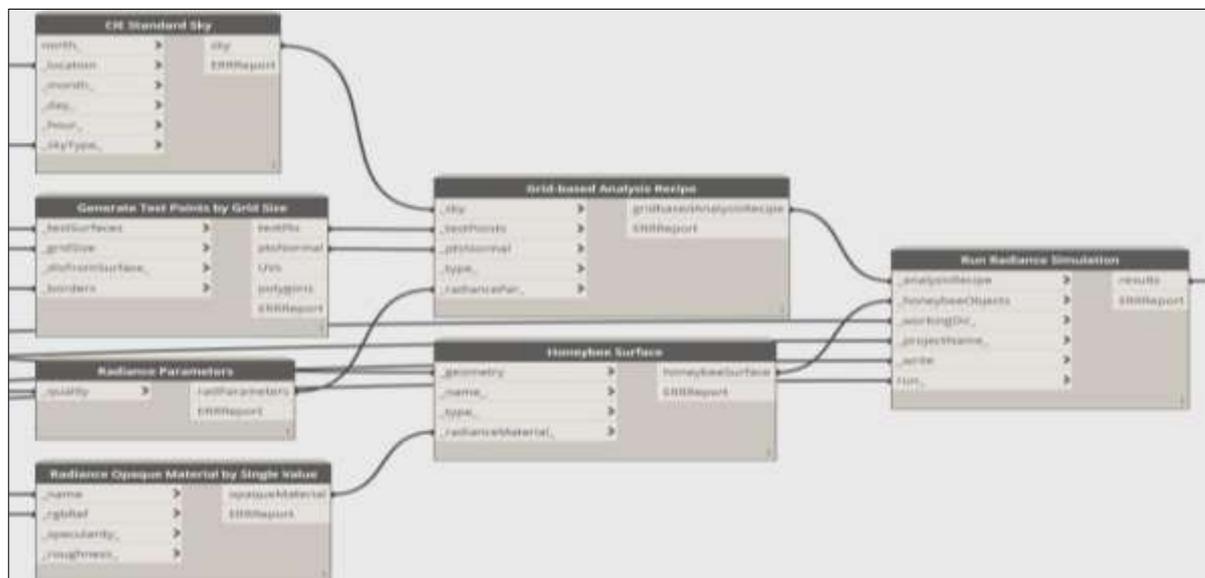


Рис. 3. Настройка рабочего процесса *Honeybee* в Динамо

Для получения относительно простых расчётных значений можно использовать *Cade Block*, в котором можно создавать код *Design Script*.

Выводы. В заключение можно сказать, что связка *Dynamo Revit* обладает значительным потенциалом при выполнении проектов. Речь идёт не только о подготовке проектной и рабочей *BIM*-модели, но также и о возможностях поиска оптимальных инженерных решений на ранних стадиях проекта, используя параметрическое моделирование и мощные инструменты для симуляций и анализа.

Список источников

1. SCADA TRACE MODE. URL: adastra.ru.
2. Методика разработки систем управления на базе SCADA системы TRACE MODE: учеб.-метод. пособие. Новомосковск: НИ РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2007. 112 с.
3. Деменков Н. П. SCADA-системы как инструмент проектирования АСУ ТП. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. 328 с.
4. Лапшенков Г. И. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности / Г. И. Лапшенков, Л. М. Полоцкий. М.: Химия, 1988. С. 296.
5. Сидельников С. И. Синтез комбинационных схем. Новомосковск: НФ РХТУ им. Д. И. Менделеева, 1993. 37 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ

Е. Е. Ибе, канд. техн. наук, доцент;

С. Е. Миронов, студент

*Хакасский технический институт –
филиал Сибирского федерального университета, Абакан, Россия*

Аннотация. В данной работе рассматривается перспектива использования местных отходов для разработки керамических материалов с улучшенными свойствами для ограждающих конструкций зданий. В ходе исследования использованы глина, опилки, гидролизный лигнин, зола-унос. Установлено, что состав с лигнином и опилками снижает усадку конечных изделий и позволяет добиться максимального выгорания добавок, что определяют перспективность этих составов для изготовления эффективной строительной керамики по полусухой технологии.

Ключевые слова: *керамика, гидролизный лигнин, зола-унос, теплопроводность, отходы, плотность*

Введение. Отходы стали серьёзной экологической проблемой, приводящей к загрязнению и разрушению экосистем. Массовое производство и потребление, особенно в развитых странах, способствуют значительному увеличению количества отходов, многие из которых разлагаются на протяжении сотен лет, создавая длительное негативное воздействие на окружающую среду.

По актуальной информации Росприроднадзора, к концу 2022 г. на территории нашей страны образовалось около 9 000 млн т промышленных и бытовых отходов, что на 6,7 % больше по сравнению с предыдущим годом [1]. Основная доля отходов пришлась на производственные, при этом только 4 100 млн т из них были утилизированы или обезврежены, остальные же были складированы, захоронены или вывезены на свалки. К концу 2022 г. объём захороненных отходов вырос почти в 2,5 раза по сравнению с прошлыми годами и достиг 2 400 млн т (рис. 1).

Эти данные свидетельствуют о том, что после спада в 2020 и 2021 гг. рост количества отходов снова увеличился. В России существует проблема с развитием экологически чистых технологий для переработки промышленных отходов, что приводит к неэффективному использованию таких отходов и затрудняет переход к устойчивому развитию.



Рис. 1. Динамика образования, утилизации и захоронения отходов производства в РФ

Многие отходы промышленности могут быть использованы вместо природных ресурсов, а в некоторых случаях они обладают уникальными свойствами, которые делают их ценным сырьём. Использование техногенных отходов позволяет сохранить или уменьшить стоимость получения строительных материалов с улучшенными свойствами, а также положительно влиять на экологическое состояние окружающей среды [2–4].

В XX в. гидролизная промышленность активно развивалась и использовала неостребованное сырьё для производства ценных продуктов. Однако эта отрасль столкнулась с проблемой образования большого количества отходов, в частности гидролизный лигнин, количество которого превышало объём полезной продукции [5].

В Усть-Абаканском р-не Респ. Хакасия находится полигон с лигнином. Лигнинохранилище функционировало на протяжении всего срока работы гидролизного завода. Несмотря на закрытие предприятия 26 лет назад, территория с лигнином остается нетронутой. В настоящее время объём лигнина на полигоне превышает 3 млн м³ (рис. 2).



Рис. 2. Полигон с лигнином в Усть-Абакане. Вид со спутника

В настоящее время имеется обширный опыт использования гидролизного лигнина в различных секторах экономики. Среди наиболее масштабных областей применения лигнина можно выделить строительную отрасль, горнодобывающую и энергетическую промышленности, а также водообработку [6; 7].

Материалы и методы. При проведении экспериментальных исследований были использованы следующие материалы: глина, древесные опилки, гидролизный лигнин Усть-Абаканского гидролизного завода, зола-унос Абаканской ТЭЦ.

Составы анализируемых керамических масс с различным содержанием глины и местного сырья представлены в табл. 1.

Таблица 1

Составы анализируемых керамических масс

Компонент	Наименование состава и содержание компонентов (масс. %)								
	Г ⁹⁰ Оп ¹⁰	Г ⁸⁰ Оп ²⁰	Г ⁹⁰ Л ¹⁰	Г ⁸⁰ Л ²⁰	Г ⁸⁰ З ¹⁰	Г ⁸⁰ З ²⁰	Г ⁸⁰ Оп ¹⁵ Л ⁵	Г ⁸⁰ Оп ¹⁰ Л ¹⁰	Г ⁸⁰ Оп ⁵ Л ¹⁵
Глина	90	80	90	80	90	80	80	80	80
Зола-унос	–	–	–	–	10	20	–	–	–
Лигнин	–	–	10	20	–	–	5	10	15
Опилки	10	20	–	–	–	–	15	10	5

Гидролизный лигнин – это органический полимер, образующийся в результате гидролиза растительного сырья, такого как древесина или сельскохозяйственные отходы. Процесс гидролиза представляет собой химическую реакцию, при которой полисахариды (целлюлоза и гемицеллюлоза) разлагаются на более простые соединения, в т. ч. лигнин.

Состав и свойства гидролизного лигнина меняются от варки к варке, поэтому его вещественный состав колеблется в некотором интервале (табл. 2).

Таблица 2

Вещественный состав лигнина Усть-Абаканского гидролизного завода

Содержание веществ (%)					
в твёрдых отходах			в водном экстракте		
Лигнин	Полисахариды	Экстрагируемые	H ₂ SO ₄	Резецирующие	Зольные остатки
61,7–64,1	18,0–19,9	12,4–14,1	1,8–2,4	4,2–5,0	3,0–3,8

Авторами [8] отмечается, что гидролизный лигнин обладает пористой структурой и имеет небольшую объёмную массу в сухом состоянии. Лигнин также имеет низкий показатель теплопроводности, что делает его эффективным теплоизоляционным материалом.

Анализ химического состава золы-унос проводился с использованием стандартных методов, разработанных для работы с данным материалом. Химический состав золы приведён в табл. 3.

Таблица 3

Химический состав золы-унос Абаканской ТЭЦ (масс. %)

Содержание оксидов	Проба № 1	Проба № 2	Проба № 3	Проба № 4
Fe ₂ O ₃	12,46	11,76	9,45	9,63
Na ₂ O	0,45	0,39	0,44	0,30
SiO ₂	31,42	36,24	41,44	35,24
MnO	0,30	0,17	0,16	0,30
TiO ₂	0,17	0,41	0,40	0,48
K ₂ O	0,16	0,21	0,26	0,14
Al ₂ O ₃	6,22	7,16	6,64	9,47
SO ₃	2,48	2,56	3,36	2,08
MgO	8,05	7,23	6,85	8,34
FeO	–	0,04	0,68	3,16
CaO (своб.)	8,23	6,91	8,23	7,00
CaO (общ.)	37,38	30,98	37,38	32,21
ППП, %	2,05	0,54	2,57	0,58

В работе использовался метод полусухого прессования для создания образцов, при этом давление в процессе не превышало 15 МПа. Сырьё предварительно высушивалось, измельчалось и просеивалось через сито. После этого компоненты смешивались до образования однородной массы, которую увлажняли до достижения формовочной влажности не более 20 %. Затем образцы сушились при комнатной температуре и обжигались в лабораторной печи. Нагрев изделий продолжался 90 мин, после чего обжиг проводился в течение 60 мин. В конце процесса образцы остывали в печи до достижения комнатной температуры.

По стандартным методикам определены физические и механические свойства полученных изделий.

Результаты и обсуждение. По внешнему виду и качеству полученные керамические изделия соответствуют удовлетворительным требованиям. При осмотре образцов-цилиндров было установлено, что образцы, содержащие опилки и лигнин, имеют ярко выраженный шоколадно-коричневый оттенок и рыхлую структуру, что свидетельствует о выгорании этих материалов. В то же время образцы, содержащие золу, отличаются коричневато-оранжевым оттенком.

Для составов $\Gamma^{90}\text{Оп}^{10}$ и $\Gamma^{80}\text{Оп}^{20}$ после обжига характерно снижение плотности, рыхлая структура образца и увеличение огневой усадки. Это свидетельствует о том, что с увеличением добавки древесных опилок увеличивается пористость изделия.

Для составов $\Gamma^{90}\text{З}^{10}$ и $\Gamma^{80}\text{З}^{20}$ после обжига характерна плотная структура образца, снижение огневой усадки и незначительное снижение плотности. Это указывает на то, что зола-унос в процессе обжига не выгорает. Возможно применение золы-уноса при производстве эффективной керамики в качестве комплексной отошающей добавки, поскольку она хорошо снижает огневую усадку конечного изделия.

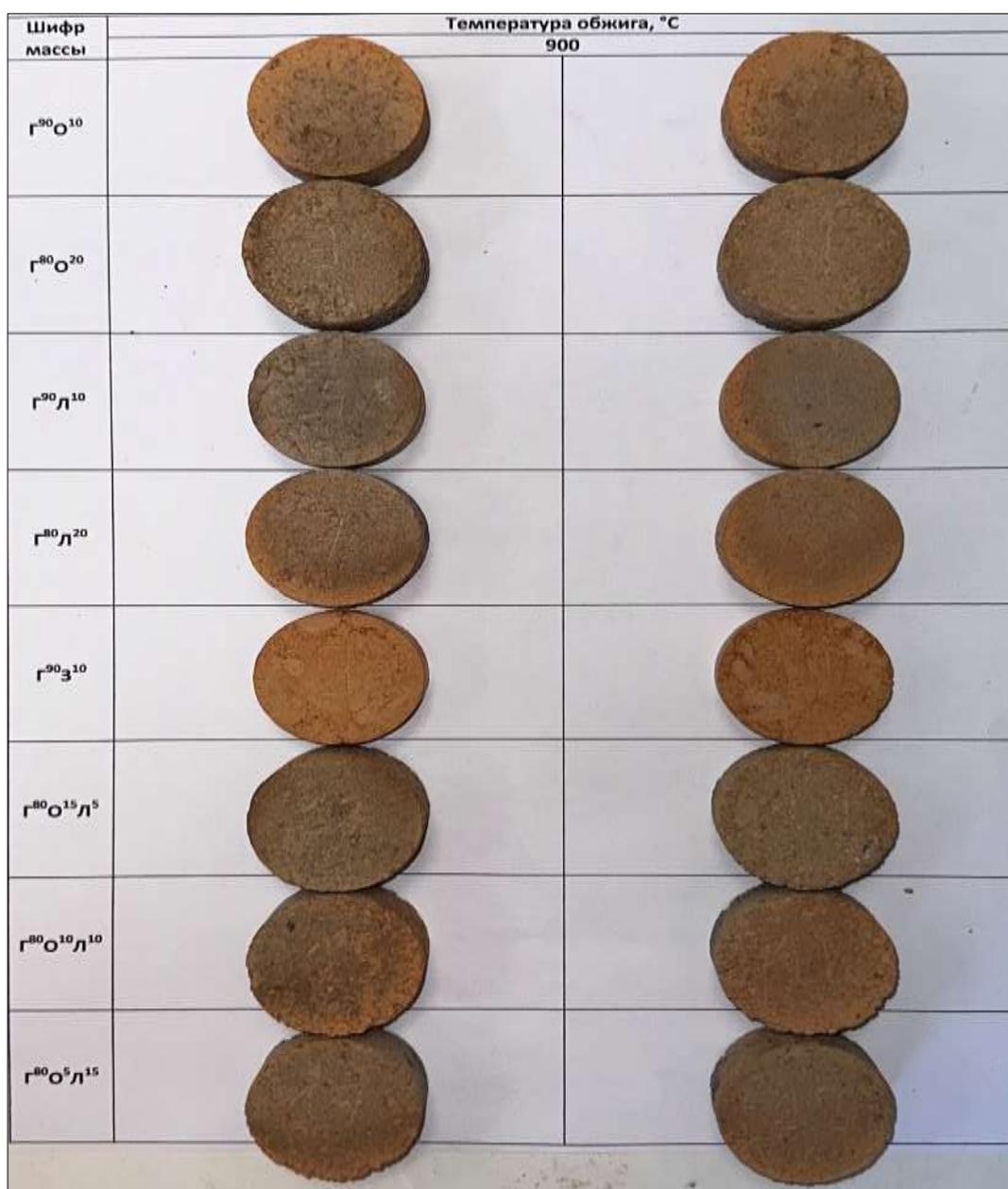


Рис. 3. Внешний вид обожжённых образцов полусухого прессования

На рис. 4 приведено значение средней плотности полученных керамических изделий.

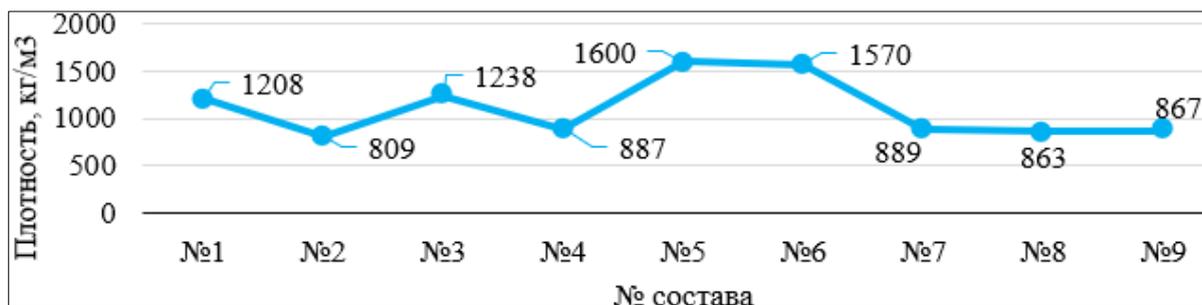


Рис. 4. Средняя плотность полученных керамических изделий

На рис. 5 приведены значения теплопроводности и огневой усадки полученных керамических изделий. Значение теплопроводности определялось прибором ИТП-МГ4 по ГОСТ 7076-99.

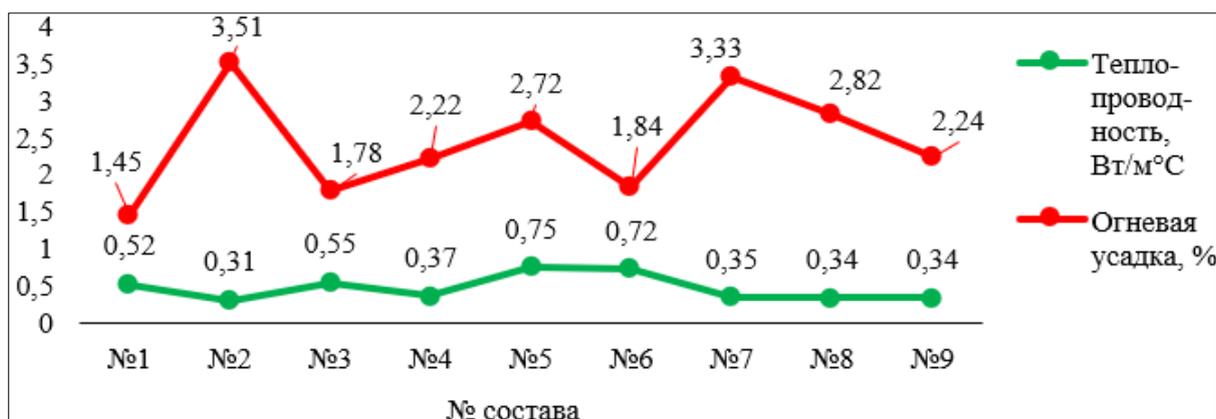


Рис. 5. Теплопроводность и огневая усадка полученных керамических изделий

Усадка керамики при сушке и обжиге существенно влияет на свойства конечных изделий.

Лигнин в составах $\Gamma^{80}\text{Оп}^{15}\text{Л}^5$, $\Gamma^{80}\text{Оп}^{10}\text{Л}^{10}$ и $\Gamma^{80}\text{Оп}^5\text{Л}^{15}$ исполняет роль комплексной выгорающей добавки, снижая огневую усадку. Во время сушки опилки, используемые в качестве армирующего компонента, способствуют снижению деформаций сырьевой массы. Однако при обжиге, особенно при наличии крупных частиц опилок, деформации, вызванные огневой усадкой, увеличиваются. Это подтверждается результатами экспериментов с составами $\Gamma^{90}\text{Оп}^{10}$ и $\Gamma^{80}\text{Оп}^{20}$. Также полученные результаты согласуются с авторами [9].

Выводы

1. Применение золы-унос Абаканской ТЭЦ в качестве выгорающей добавки является неэффективным, поскольку плотность керамического черепка снижается незначительно.

2. Золу-унос рекомендуется применять в качестве комплексной отощающей добавки, т. к. она снижает огневую усадку изделия.

3. Увеличение доли выгорающей добавки приводит к увеличению пористости, что положительно отражается на теплоизоляционных характеристиках материала. Это подтверждается снижением плотности и отражается коэффициентом теплопроводности.

4. Использование лигнина в качестве комплексной выгорающей добавки позволило достичь наилучших показателей. Это приводит к снижению коэффициента теплопроводности и даёт возможность получить керамику с улучшенными характеристиками.

5. Содержание добавки лигнина с опилками не должно превышать 20 % от общей керамической массы.

Список источников

1. О состоянии и об охране окружающей среды РФ в 2022 г.: гос. доклад. URL: 2022.ecology-gosdoklad.ru.

2. Аниканова Л. А. Особенности применения вторичного ангидритового сырья для производства керамических материалов // Вестник ТГАСУ. 2024. № 26 (2). С. 148–156.

3. Гречаников А. В. Использование железосодержащих отходов ТЭЦ и станций обезжелезивания для изготовления керамического кирпича / А. В. Гречаников, А. С. Ковчур, И. А. Тимонов и др. // Вестник ПГУ им. Евфросинии Полоцкой. Сер. F: Строительство. Прикладные науки. 2017. № 8.

4. Вакалова Т. В. Перспективы использования красного шлама для получения высокопрочной строительной керамики / Т. В. Вакалова, Н. П. Сергеев, Д. Т. Толегенов и др. // Вестник ТГАСУ. 2024. № 26 (2). С. 171–184.

5. Чудаков М. И. Промышленное использование лигнина. М.: Гослесбумиздат, 1962. 183 с.

6. Молоков В. С. Исследование влияния добавок гидролизного лигнина на физико-механические свойства асфальтобетонных смесей / В. С. Молоков, В. Б. Балабанов // Инновации и инвестиции. 2024. № 3. С. 569–572.

7. Любов В. К. Повышение эффективности энергетического использования биотоплива / В. К. Любов, И. И. Цыпнятов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2023. № 1 (391). С. 172–185.

8. Шибаева Г. Н. Отделочные и изоляционные строительные материалы на основе местного сырья РХ: моногр. / Г. Н. Шибаева, Е. Е. Ибе; ХТИ – филиал СФУ. Абакан: Хакасское книжное изд-во, 2016. 100 с.

9. Ибе Е. Е. Поризованная керамика на основе гидролизного лигнина / Е. Е. Ибе, А. Ю. Чекалова, Г. Н. Шибаева // Инженерный вестник Дона. 2021. № 7 (79). С. 311–319.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИГНИН-СОДЕРЖАЩИХ СВЯЗУЮЩИХ ПРИ СОЗДАНИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

М. В. Кондрашов, аспирант;

И. В. Степина, канд. техн. наук, доцент

Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Аннотация. Целью работы является исследование возможности использования лигнин-содержащих связующих для создания композиционных материалов на основе отходов деревообрабатывающей промышленности. В качестве объектов исследования использовали образцы композиционных материалов, изготовленные путем прессования смеси опилок сосны с лигносульфонатом натрия, модифицированным боразотным соединением (далее – БАС), а также образцы, полученные путём прессования опилок сосны с нативным, модифицированным БАС лигнином. В ходе исследования определены значения плотности и прочности полученных образцов. Установлено, что образцы, где связующим выступал лигносульфонат натрия, имеют более высокие прочностные показатели при сжатии (2,01–2,93 МПа при средней плотности 0,78 г/см³), чем у образцов с нативным лигнином (0,44–1,36 МПа при средней плотности 0,56 г/см³).

Ключевые слова: *композиционный материал, лигносульфонат, нативный лигнин, модификация, боразотное соединение*

В рамках Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства РФ до 2030 г. с прогнозом на период до 2035 г. одной из основных задач является стимулирование применения экологических строительных материалов в процессе строительства [1]. В этой связи всё больше внимания уделяется разработке новых материалов, которые были бы безопасны для окружающей среды и при этом обладали высокими техническими характеристиками. Композиционные материалы на основе отходов деревообработки и лигнин-содержащих связующих могут стать такими материалами.

Лигнин имеет ряд уникальных свойств, которые делают его привлекательным для использования в качестве связующего компонента в композитных строительных материалах. Одним из главных преимуществ лигнина является его экологическая безопасность. Лигнин является биоразлагаемым и нетоксичным веществом, что делает его безопасным для окружающей среды и здоровья людей [2]. По оценкам, в мире в результате варки целлюлозы ежегодно образуется 70 млн т лигнина [3]. Использование лигнинов является экономически выгодным по сравнению с другими связующими веществами. Так, например, лигносульфонаты, являющиеся многотоннажным отходом целлюлозно-бумажной промышленности, на сегодняшний день практически не применяются и в основном размещаются на полигонах захоронения отходов в огромном количестве [2; 4].

Целью настоящего исследования является установление возможности использования лигнин-содержащих связующих при создании композиционных материалов. В качестве объектов исследования использовали образцы композиционных материалов, изготовленные путём прессования смеси опилок сосны с лигносульфонатом натрия, модифицированным БАС (ЛСм), а также образцы, полученные путём прессования опилок сосны с нативным, модифицированным БАС лигнином (НЛм).

Согласно проведенным ранее исследованиям [5, 6], при модификации лигноцеллюлозных материалов БАС происходит отделение лигнина от состава лигноуглеводного комплекса клеточных стенок растительного сырья и одновременно осуществляется взаимодействие модификатора с гидроксилами лигнина, приводящее к образованию устойчивых эфирных связей. Мы предположили, что выделенный таким образом модифицированный лигнин, может служить связующим при создании композиционных материалов.

Образцы на НЛм связующем были изготовлены путём следующих операций: варки опилок сосны фракции 5–10 мм в растворе БАС – «Ксилостате» [7] на водяной бане при температуре 100 °С в течение 1 ч; фильтрования продуктов варки; формования и прессования модифицированных опилок и выделенного при их модификации лигнина; изготовления серии образцов в виде кубиков 50×50×50 мм для дальнейших испытаний на прочность при сжатии. Серии образцов варьировались по параметрам сушки – при комнатной температуре в стандартных условиях (25 °С) и в сушильном шкафу до постоянной массы при 105, 125 и 150 °С. Спустя 28 сут. образцы испытывались на прочность на сжатие при 10 % относительной деформации согласно ГОСТ 17 177–94, т. к. при достижении образцов относительной деформации, равной 10 %, разрушения образцов не происходило.

Образцы на ЛСм связующем изготавливались путём смешивания опилок хвойных пород фракции 5–10 мм со связующим в соотношении 1:1 по массе. Прессованные в формы образцы варьировались по следующим параметрам сушки – при комнатной температуре в нормальных условиях (20–22 °С) и в сушильном шкафу при температуре 105, 125 °С до постоянной массы (при 150 °С связующее выкипало). Полученные образцы испытывались спустя 28 сут. на прочность при сжатии согласно ГОСТ 17 177–94. Результаты прочностных испытаний представлены на рис. 1.

Анализируя результаты прочностных испытаний, можно заметить, что у образцов, где связующим выступал НЛ, прочность образцов повышается с повышением температуры сушки. Так, средняя наибольшая прочность на сжатие при 10 % относительной деформации у образцов, сушившихся при 150 °С – 1,36 МПа, а у образцов, сушившихся при нормальных условиях – 0,44 МПа, при сопоставимой массе и плотности образцов.

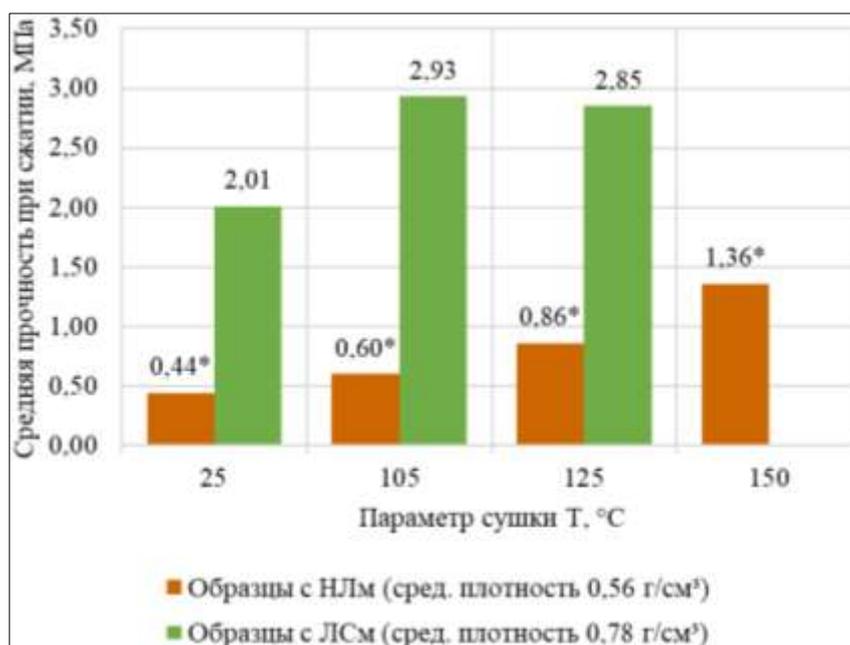


Рис. 1. Результаты прочностных испытаний
 (* – прочностные характеристики при 10 % относительной деформации)

При этом у образцов, где связующим выступал ЛСМ, значение максимального напряжения сжатия достигается при относительной деформации образца менее 10 %, что позволяет сделать вывод о природе неупругой пластической деформации. Так, средние показатели прочности на сжатие для образцов с ЛС значительно выше, чем с НЛМ: 2,01; 2,93 и 2,85 МПа соответственно при сушке при комнатной температуре в стандартных условиях 25, 105 и 125 °C.

Помимо всего прочего, ЛС предпочтительнее в использовании по экономическим соображениям в связи с меньшей трудоёмкостью производства, а также безотходностью, т. к. после выделения НЛ в водяной бане, опилки процеживаются, и большая часть раствора утилизируется. К тому же полученный композиционный материал на основе опилок и ЛС можно считать полностью изготовленным из вторсырья – отходов древесной и целлюлозно-бумажной промышленности.

Таким образом, использование лигносульфоната натрия в качестве связующего в композиционных строительных материалах выглядит реализуемой задачей. Потенциал ЛС может быть реализован в создании экологически безопасных и устойчивых материалов. Его доступность, низкая стоимость и экологическая безопасность делают его привлекательным вариантом для замены традиционных связующих веществ, например фенолформальдегидных смол, которые являются токсичными. Однако, для полного осуществления данного потенциала необходимы дальнейшие исследования, разработки и испытания, направленные на оптимизацию его свойств и методов производства композиционных материалов.

Список источников

1. Об утверждении Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства РФ до 2030 г. с прогнозом на период до 2035 г.: Распоряжение Правительства РФ № 3 268-р от 31.10.2022.

2. Кондрашов М. В. Теоретические основы использования лигнина в качестве связующего для композитных строительных материалов / М. В. Кондрашов, И. В. Степина // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования: матер. 4-й нац. НК. М.: НИУ МГСУ, 2024. С. 185–189.

3. Тунцев Д. В. Использование лигнина при получении современных материалов / Д. В. Тунцев, М. Р. Хайруллина, И. С. Романчева и др. // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: матер. 4-й междунар. НК. Краснодар: КубГАУ, 2015. С. 285–287.

4. Цветков М. В. Лигнин: направления использования и способы утилизации (обзор) / М. В. Цветков, Е. А. Салганский // Журнал прикладной химии. 2018. Т. 91. № 7. С. 988–997.

5. Степина И. В. Компонентный состав модифицированного растительного сырья / И. В. Степина, М. Содомон, Г. Н. Кононов и др. // Инженерный вестник Дона. 2022. № 9 (93). С. 223–231.

6. Stepina I. Modifying Heracleum Sosnowskyi Stems with Monoethanolamine(N→B)-trihydroxyborate for Manufacturing Biopositive Building Materials / I. Stepina, M. Sodomon, V. Semenov et al. // Lecture Notes in Civil Engineering. 2022. Vol. 170. Pp. 45–52. DOI: 10.1007/978-3-030-79983-0_5.

7. Патент на полезную модель № 217420 U1. РФ. МПК В27К 3/52. Биостойкий теплоизоляционный композит на основе растительного сырья Гераизол: № 2022121630: заявл. 09.08.2022: опубл. 31.03.2023 / И. В. Степина, М. Содомон.

РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ОТКЛОНЕНИЙ ФОРМЫ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ПРОФИЛЕЙ

Н. Д. Корсун, канд. техн. наук, доцент;
Д. А. Простакишина, старший преподаватель
Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

Аннотация. Цель исследования заключается в получении статистических результатов отклонений формы стальных тонкостенных профилей. Исследования проведены для образцов С- и П-образной форм с применением стандартных методов измерений и статистической обработки. В результате получены статистические данные для показателей местных и общих отклонений. При анализе точности сопоставлялись требования отечественных и зарубежных норм и стандартов. Отмечено, что условия нормирования по российским и зарубежным стандартам разнятся между собой. Установлено, что предельные значения местных отклонений превысили допуски, заявленные как в отечественных, так и в зарубежных стандартах. По общим отклонениям отмечено единичное превышение допусков.

Ключевые слова: лёгкие стальные тонкостенные конструкции, ЛСТК, холодногнутой профиль, точность изготовления, статистическая обработка

Одним из факторов чувствительности стальных тонкостенных профилей являются начальные несовершенства геометрии [1], наличие которых обосновано технологией изготовления профилей. На текущий момент учёт начальных геометрических несовершенств производится путём введения в расчетную модель или аналитический расчет максимальных отклонений, согласно классу точности изготовления [2], указанному в проектной документации. Однако, подобный подход зачастую не является справедливым и может влиять на корректность полученных результатов расчёта. Существенной проблемой в теме учёта начальных геометрических несовершенств тонкостенных профилей является отсутствие результатов исследования по определению действительных отклонений геометрии профилей, основанных на большой выборке образцов.

Целью настоящего исследования является проведение замеров отклонений формы стальных тонкостенных профилей и получение статистически обоснованных величин начальных несовершенств.

Оценка точности изготовления профилей проводилась по стандартной методике измерений отклонений формы [3], обработка результатов выполнялась с использованием методов математической статистики при объёме выборки по каждому показателю не менее 50 значений [4].

Исследования проводились для контрольных параметров общих и местных несовершенств в виде серповидности G , прогиба H и скручивания I элемента, вогнутости/выпуклости стенки $W+/-$ и полок $F+/-$ и перекоса полок $C+/-$. Обозначения приняты согласно [5].

В качестве исследуемых образцов испытаниям подвергались С-образные (рис. 1, *а*) и П-образные профили (рис. 1, *б*).

С-образный профиль используется в конструкциях как несущий элемент, для повышения жесткости стенки в нем предусмотрен V-образный элемент жёсткости.

П-образные профили имеют меньшую несущую способность, применяются в основном в качестве элементов каркаса ограждающих конструкций панелей. Для снижения эффектов теплового моста в стенке П-образного профиля предусмотрена перфорация, прерывающая движение тепловых потоков.

Измерения отклонений формы профилей в соответствии с [3] проведены с использованием металлической линейки, угольника и стальной струны.

По каждому контрольному параметру для каждого типоразмера профиля снято не менее 50 измерений.



Рис. 1. Исследуемые образцы

Основные размеры экспериментальных образцов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Размеры исследуемых образцов профилей (мм)

Тип профиля	<i>L</i>	<i>H</i>	<i>t</i>	<i>B</i>	<i>B1</i>	<i>B2</i>	<i>C</i>
ПС 200×50×1,5	6 000	200	1,5	–	54	50	15
ПС 150×50×2,0	1 500	150	2,0	–	54	50	15
ТН 204×50×1,0	3 000	204	1,0	50	–	–	–
	2 000	204	1,0	50	–	–	–
ТН 154×50×1,5	2 500	154	1,5	50	–	–	–

Для статистической обработки результатов измерений составлялся непрерывный статистический ряд из дискретных значений каждого параметра начальных геометрических несовершенств, после определения вспомогательных характеристик вариационных рядов построены кривые распределения (рис. 2), получены функции распределения и коэффициенты вариации.

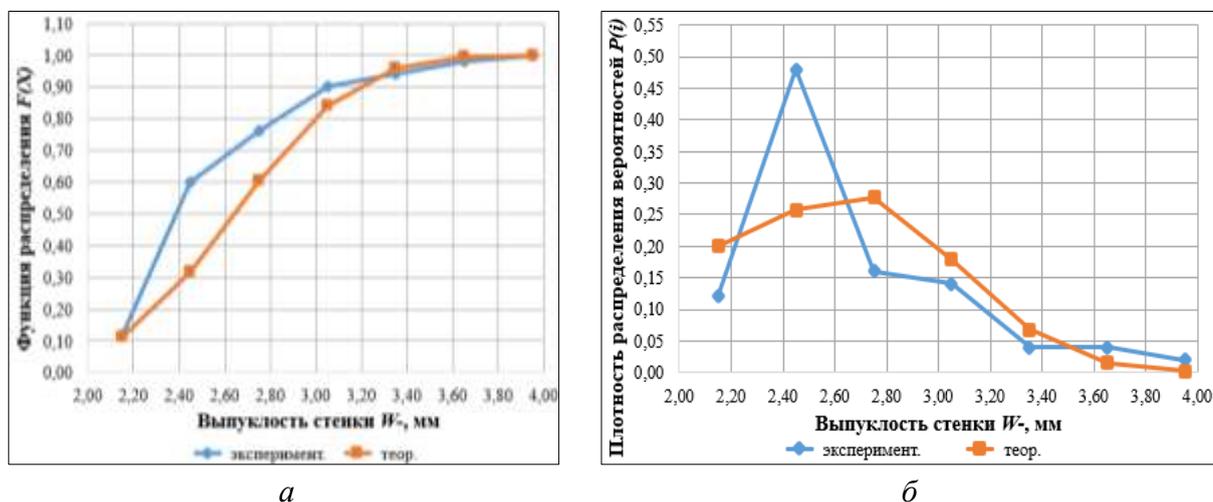


Рис. 2. Функция распределения (а) и плотности распределения вероятности (б) показателя вогнутости стенки W для образца ПС $200 \times 50 \times 1,5$

В табл. 2 представлены полученные значения отклонений с доверительной вероятностью 0,95 и коэффициенты вариации V .

Таблица 2
Статистические данные отклонений формы профилей (мм)

Тип профиля	Местные отклонения			Общие отклонения		
	$W_{+/-}$	$F_{+/-}$	$C_{+/-}$	G	H	I
ПС $200 \times 50 \times 1,5$	$W_- = 2,66 \pm 0,80$	$F_- = 0,53 \pm 0,38$	$C_- = 2,48 \pm 0,90$	$G = 2,96 \pm 1,46$	$H = 0,95 \pm 1,26$	$I = 0,93 \pm 0,72$
	$V_W = 15,3 \%$	$V_F = 36,2 \%$	$V_C = 18,6 \%$	$V_G = 25,1 \%$	$V_H = 67,0 \%$	$V_I = 39,5 \%$
ПС $150 \times 50 \times 2,0$	$W_+ = 1,07 \pm 0,17$	$F_- = 0,48 \pm 0,27$	$C_- = 2,26 \pm 1,83$	$G = 0,31 \pm 0,25$	$H = 0,61 \pm 0,57$	$I = 0,86 \pm 0,75$
	$V_W = 8,1 \%$	$V_F = 28,3 \%$	$V_C = 41,4 \%$	$V_G = 41,4 \%$	$V_H = 47,8 \%$	$V_I = 44,4 \%$
ТН $204 \times 50 \times 1,0$	$W_+ = 1,24 \pm 0,31$	$F_- = 1,0 \pm 0,53$	$C_+ = 2,07 \pm 0,94$	$G = 0,68 \pm 0,84$	$H = 1,09 \pm 1,52$	$I = 1,08 \pm 1,54$
	$V_W = 13,0 \%$	$V_F = 26,7 \%$	$V_C = 23,2 \%$	$V_G = 63,3 \%$	$V_H = 71,0 \%$	$V_I = 72,8 \%$
	$W_{+/-} = 0,70 \pm 0,73$	$F_- = 0,64 \pm 0,50$	$C_- = 2,19 \pm 1,39$	$G = 1,28 \pm 1,50$	$H = 1,50 \pm 1,67$	$I = 0,47 \pm 0,61$
ТН $154 \times 50 \times 1,5$	$W_- = 0,98 \pm 0,91$	$F_{+/-} = 0,20 \pm 0,40$	$C_+ = 1,07 \pm 1,06$	$G = 0,21 \pm 0,24$	$H = 1,81 \pm 1,96$	$I = 2,99 \pm 2,48$
	$V_W = 47,0 \%$	$V_F = 99,9 \%$	$V_C = 50,9 \%$	$V_G = 59,3 \%$	$V_H = 55,3 \%$	$V_I = 42,3 \%$

Для общих отклонений всех профилей, а также для местных отклонений направляющих профилей отмечено превышение коэффициента вариации $V > 33 \%$, что свидетельствует о неравномерности выборок значений по параметрам и обусловлено низкой точностью технологии изготовления холодногнутых профилей.

Полученные величины местных и общих отклонений в верхнем значении доверительной вероятности сопоставлены с допусками по ГОСТ 23 118 [2], ГОСТ Р 58 384 [6], *AISI S240* [5] и *EN 1993* [7; 8].

Установлено, что предельные значения местных отклонений превысили допуски, заявленные в отечественных и зарубежных нормах, наибольшие превышения отмечены по перекоосу полок. Российские стандарты по местным несовершенствам содержат более жёсткие ограничения в сравнении с зарубежными стандартами почти в 2 раза. Величины местных отклонений не зависят от типа или размера сечения профиля, не установлено влияние на величину отклонений наличие элементов жёсткости или меньшей гибкости элемента сечения.

По общим отклонениям отмечено единичное превышение допусков по ГОСТ Р 58 384 [6], *AISI S240* [5] и *EN 1993* [7; 8], в большинстве случаев измеренные общие отклонения удовлетворяют допускам. Отмечено значительное расхождение в допусках по общим отклонениям в отечественных и зарубежных нормативах, наиболее жесткие требования содержатся в ГОСТ Р 58 384[6] и *AISI S240* [5].

В нормах[1] отмечается, что степень влияния местных и общих несовершенств на несущую способность различна в зависимости от формы потери устойчивости элемента: изгибно-крутильной или плоской, что требует дополнительного исследования с учетом полученных экспериментальных данных точности изготовления профилей.

Полученные результаты могут быть использованы как обоснованные величины начальных геометрических несовершенств при расчётах несущей способности элементов из холодногнутых профилей.

Список источников

1. СП 260.1325800.2016. Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутого оцинкованного профиля и гофрированного листов. Правила проектирования (с изм. № 1, 2). М.: Стандартинформ, 2017.
2. ГОСТ 23 118-2019. Конструкции стальные строительные. Общие технические условия (с поправкой). М.: Стандартинформ, 2020.
3. ГОСТ 26 877-2008. Металлопродукция. Методы измерений отклонений формы. М.: Стандартинформ, 2013.
4. ГОСТ Р 8 736-2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. М.: Стандарт-информ, 2019.
5. *AISI S240-15*. North American Standard For Cold-formed Steel Structural Framing. 2015.
6. ГОСТ Р 58 384-2019. Профили стальные гнутые из холоднокатанной стали для строительства. Сортамент. М.: Стандартинформ, 2019.
7. *EN 1993-1-3*. Eurocode 3: Design of Steel Structures. General Rules – Supplementary Rules for Cold-formed Members and Sheeting.
8. *EN 1993-1-1*. Eurocode 3: Design of Steel Structures. General Rules and Rules for Buildings.

БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИИ В ЛОГИСТИКЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Е. А. Кочнев, магистрант

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. В данной статье обсуждается потенциальное применение технологии блокчейн в логистике и управлении цепочкой поставок в строительстве. Результаты исследований показывают, что блокчейн может помочь решить проблему разобщения материальных и экономических потоков, обеспечивая прозрачность, прослеживаемость и улучшенную оценку качества результатов проекта.

Ключевые слова: логистика, строительство, блокчейн, интернет вещей, логистические процессы

Строительство – это отрасль, которая значительно влияет на экономику страны. Строительное производство можно охарактеризовать как деятельность, для которой характерна пространственно-временная разобщённость. При организации строительства пристального внимания заслуживают такие операции как транспортировка, хранение, складирование. Для снижения затрат при выполнении данных операций необходимо применять методы транспортно-складской логистики.

Инвестиционно-строительному проекту необходима организация системной (строго в определённой последовательности) доставки производственных и трудовых ресурсов через логистическое обслуживание строительных процессов и логистику поставок, включающая внешние поставки сырья и материалов, оборудования, а также сбор и вывоз отходов. При ведении строительной деятельности самый значительный груз – это материалы (в первую очередь сыпучие), конструкции и техника, покупку и доставку которых необходимо осуществлять в строгом соответствии с требованиями технологического процесса, сводя к минимуму складские запасы, а основной транспорт – автомобильный. От эффективности организации логистических процессов зависят как скорость, так и качество работ по возведению зданий и сооружений. Эффективность работы рекомендуется оценивать через призму поставки логистического продукта для последующих участников хозяйственной деятельности, т. к. логистические процессы направлены на достижение всех запланированных целей, при этом одна из основных целей – сокращение сроков строительства [1].

Социально-интерактивная перспектива блокчейн представляет его как технологию командной работы, способствующую сотрудничеству в решении бизнес-задач. С технической точки зрения это означает, что блокчейн является общим и децентрализованным цифровым регистром, размноженным на уникальных узлах, представляющих организации

или физических лиц. Это пиринговая система для совершения транзакций, где сокращается необходимость в их проверке, безопасности и урегулировании через доверенных посредников [2]. Принцип работы блокчейн-технологии показан на рис. 1.

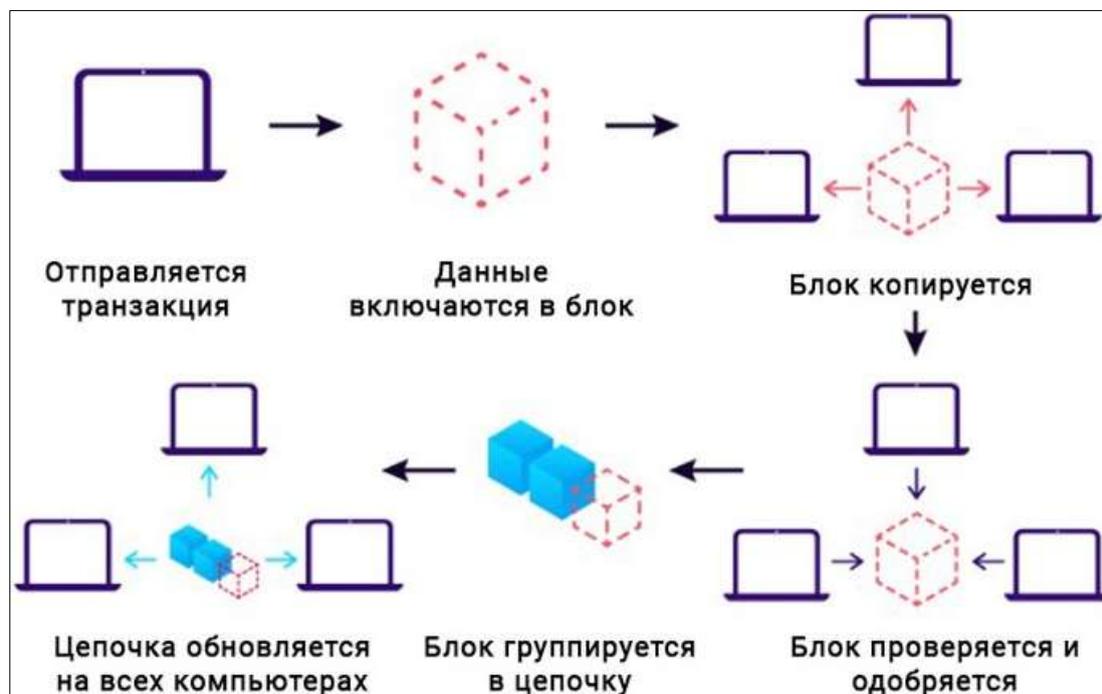


Рис. 1. Принцип работы блокчейн-технологии

Блокчейн может выступать в качестве слоя, находящегося над интернет-соединением, а также сосуществовать с другими технологиями сетевого взаимодействия. Его цифровые базы данных нельзя изменять, новая запись является постоянной, непреложной и отражается во всех копиях базы данных на узлах. Каждый «блок» в цепочке хранит ограниченное количество данных о транзакциях и системе, до общего заранее определенного размера, а затем эти «блоки» последовательно соединяются. Следуя по цепочке от первого до последнего блока, блокчейн не только хранит текущую информацию о транзакциях, но и всю историю операций. Такая история распространяется по всем узлам и может быть обновлена только через согласование и проверку с использованием алгоритмических методов, таких как «доказательство работы», «доказательство доли» и «доказательство полномочий» [3].

Блокчейн изначально был представлен как базовая технология биткойна; однако его потенциальные применения активно исследуются в различных областях, включая его использование как инструмента измерения производительности и участника цифровой экосистемы с интернетом вещей.

Для строительного сектора в целом исследуются решения на основе блокчейн как для разработки теоретических рамок, фокусирующихся на инжиниринге целых процессов, так и для практического развития и внедрения.

Более конкретно, в области логистики и управления цепочкой поставок на строительной площадке было замечено, что проблема разобщения материальных и экономических потоков может быть потенциально решена с помощью внедрения решений на основе блокчейна.

Зарубежные исследователи единообразно отмечают, что интеграция материальных и экономических потоков с помощью блокчейна может помочь получить обзор всего производства строительного проекта, способствовать доверию, прозрачности и прослеживаемости транзакций в пределах этих потоков, улучшить оценку качества результатов проекта, облегчить сотрудничество участников цепочки поставок и оптимизировать конструктивность, что предполагает логистический подход к логистике, интеграции цепочки поставок и сотрудничеству с надежными заинтересованными сторонами. Такая интеграция, реализованная с помощью блокчейна, может создать новую цифровую бизнес-модель, а именно цифровую трансформацию организаций и бизнес-процессов для создания, доставки и уловления ценности.

Особенно важным в реализации такой цифровой бизнес-модели является способ, которым соответствующие строительные фирмы координируют относящиеся к ним потоки (и особенно экономический поток).

Блокчейн-технологии в логистике строительства – это использование технологии распределённого реестра для отслеживания и управления цепочками поставок строительных материалов, оборудования и других ресурсов, могут значительно улучшить прозрачность и прослеживаемость на строительной площадке, что является критически важным для эффективного управления проектами. Ниже представлены ключевые аспекты, как именно это достигается (рис. 2).

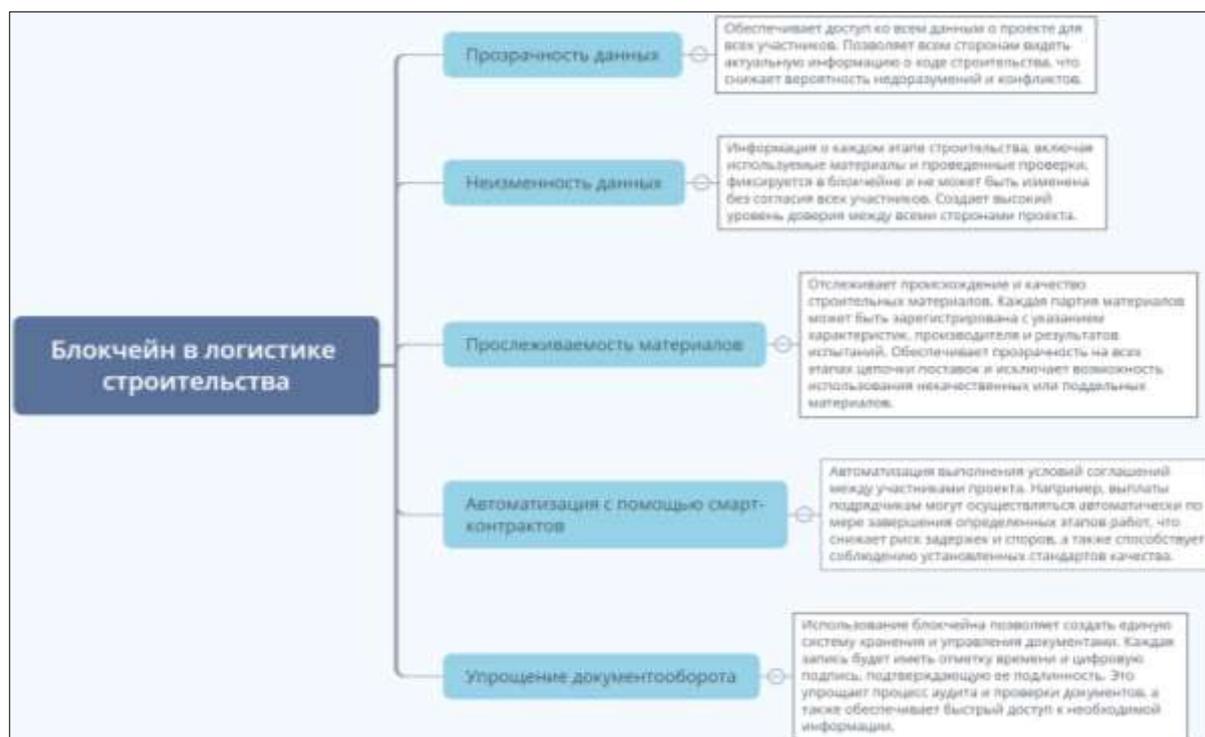


Рис. 2. Ключевые аспекты блокчейн-технологии в логистике строительства

Основные преимущества блокчейн-технологий в логистике строительства:

- прозрачность и безопасность: блокчейн обеспечивает прозрачность и надёжность информации о цепочке поставок, что снижает риски мошенничества и ошибок;

- ускорение процессов: автоматизация и оптимизация процессов с помощью смарт-контрактов и алгоритмов может ускорить обработку заказов и доставку товаров;

- снижение затрат: использование блокчейн-платформ для обмена данными между участниками цепочки поставок может снизить затраты на бумажную работу и ручной ввод данных;

- улучшение качества обслуживания клиентов: благодаря более эффективному управлению запасами и отслеживанию товаров компании могут обеспечить более высокий уровень обслуживания клиентов.

Исследования показывают, что блокчейн может быть применён в различных областях, включая строительство, где он может решить проблему разобщения материальных и экономических потоков. Использование блокчейна в логистике и управлении цепочкой поставок на строительной площадке позволяет обеспечить прозрачность, прослеживаемость и улучшенную оценку качества результатов проекта, а также способствует сотрудничеству между участниками цепочки поставок и оптимизации процессов. Блокчейн также может способствовать цифровой трансформации организаций и бизнес-процессов, создавая новые цифровые бизнес-модели в строительном секторе.

Внедрение блокчейн-технологий требует значительных инвестиций в разработку и интеграцию систем, а также обучения персонала работе с новыми технологиями. Кроме того, существуют вопросы безопасности и конфиденциальности данных, которые необходимо учитывать при использовании блокчейн-решений в логистике.

Несмотря на очевидные преимущества, существуют и некоторые препятствия для широкого внедрения блокчейн-технологий в логистику строительства:

- скептицизм участников: многие компании всё ещё сомневаются в надёжности и безопасности новых технологий;

- сложность координации: необходимость стандартизации процессов и согласования действий между множеством участников может быть проблематичной;

- потеря рабочих мест: автоматизация процессов может привести к сокращению рабочих мест в традиционных логистических функциях.

Примеры использования блокчейн-технологий в логистике строительства включают:

- отслеживание происхождения и перемещения строительных материалов и оборудования;

- управление сертификатами подлинности и гарантиями качества;

– контроль за соблюдением условий хранения и транспортировки товаров;

– автоматическое выполнение платежей и расчётов между участниками цепочки поставок;

– создание децентрализованных платформ для обмена информацией и координации действий участников логистической сети.

В качестве успешных примеров внедрения блокчейна в процессы компаний можно привести следующие:

– компания *Maersk* тестирует технологии на контейнерных маршрутах, ожидая значительной экономии благодаря улучшению прозрачности и скорости обработки информации;

– компания *Nestle* использует блокчейн для повышения отслеживаемости поставок и улучшения качества продуктов;

– *Construction Chain* – децентрализованные платформы для управления строительными проектами, которые используют блокчейн для повышения прозрачности и прослеживаемости (например, в Дубае внедрена система отслеживания строительных материалов на базе блокчейна, которая позволяет быстро выявлять проблемы с качеством).

В заключение надо сказать, что блокчейн-технологии обладают огромным потенциалом для трансформации логистики в строительстве. Они способны повысить эффективность, снизить затраты и улучшить качество обслуживания клиентов, а также повысить прозрачность и прослеживаемость на строительной площадке. Однако успешное внедрение требует преодоления ряда вызовов, связанных с изменением устоявшихся бизнес-процессов и культурой взаимодействия между участниками цепочки поставок.

Список источников

1. Карпушкин И. Д. Актуальные вопросы логистики строительства на современном этапе // Основы экономики, управления и права. 2023. № 2 (37). С. 95–99. DOI: 10.51608/23058641_2023_2_95.

2. Penzes B. Blockchain Technology in the Construction Industry: Digital Transformation for High Productivity. London: Institution of Civil Engineers (ICE) Publications, 2018.

3. Nguyen B. Blockchain and the Built Environment / B. Nguyen, V. Buscher, W. Cavendish et al. London: Arup, 2019.

4. Стаханов В. Н. Логистика в строительстве: учеб. пособие / В. Н. Стаханов, Е. К. Ивакин. М.: Приор, 2001. 176 с.

5. Воронков А. Н. Транспортно-складская логистика строительства: моногр. / А. Н. Воронков, Т. Н. Лопаткина. Нижний Новгород: ННГАСУ, 2010. 146 с.

ВЛИЯНИЕ ПОКРЫТИЯ НА ДЕФОРМАТИВНОСТЬ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЦЕМЕНТНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Ю. И. Кузнецова, аспирант;

В. А. Кузнецов, аспирант;

В. П. Ярцев, д-р техн. наук, профессор

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

Аннотация. Методом визуального и измерительного контроля проведена оценка линейной деформации обработанных и необработанных изделий из цементно-стружечных плит (далее – ЦСП) за первый год эксплуатации, размерами 200×200×20 мм при различных атмосферных и механических воздействиях. Произведена оценка работоспособности ЦСП в качестве садовых дорожек. За первый год эксплуатации подтверждено заключение завода-изготовителя ЦСП АО «ТАМАК».

Ключевые слова: ЦСП, механическое воздействие, глифталевый лак, линейные деформации, эксплуатация

Производитель ЦСП в лице АО «ТАМАК» указывает, что благодаря влагостойким, морозостойким и естественной биологической стойкости ЦСП толщиной 20 мм небольших размеров можно применять в качестве садовых дорожек. Укладку можно производить как на песчаную засыпку, так и на грунт без дополнительной защиты гидрофобизаторами.

Подготовлены образцы размером 200×200×20 мм в количестве 9 шт. для использования их в качестве садовых дорожек. Часть образцов обработана отделочными составами (табл. 1). В течение года (15.10.2023 – 15.09.2024) образцы ЦСП находились на придомовом участке [1–5].

Таблица 1

Характеристика образцов ЦСП

Образец	Количество	Обработка
200×200×20	3	Не обработан
200×200×20	3	Обработка глифталевым лаком всех граней образцов
200×200×20	3	Обработка водоэмульсионным составом всех граней

Для оценки линейных деформаций ЦСП в течение года образцы подвергались:

- длительному температурно-влажностному воздействию;
- механическому воздействию;
- атмосферному воздействию;
- длительному увлажнению;

- воздействию грунта;
- полной сухке в естественной среде.

Для измерения линейных размеров ЦСП после первого года эксплуатации проводились следующими приборами и инструментами:

- индикаторное устройство (мессур) с погрешностью 0,01 мм;
- рулетка 3 м;
- штангенциркуль.

Результаты испытаний необработанных изделий из ЦСП представлены на рис. 1.

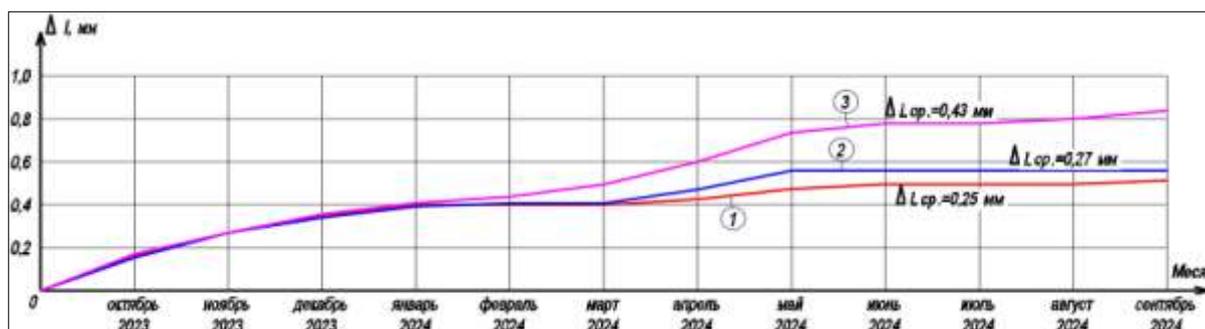


Рис. 1. Результаты испытаний необработанных изделий из ЦСП

Результат испытаний необработанных образцов ЦСП показал, что плита деформировалась незначительно. Основные деформации (изменение линейных размеров образцов) наблюдались по краям. По-видимому, это связано с тем, что края образцов при их резке были повреждены и не сохранили исходную структуру. Как видно из графика на рис. 1, за первые 4 мес. образцы равномерно испытывали линейные деформации, но затем один из образцов (в промежутке с февраля по июнь) начал более активно деформироваться в связи с накоплением большого количества влаги. Это связано с тем, что данный образец в условиях эксплуатации находился в приямке и испытывал наибольшее влажностные воздействия. В целом необработанные образцы в первый год показали хорошие результаты и незначительные линейные изменения. В дальнейшем прогнозируется, что деформации снизятся и стабилизируются.

Результаты испытаний изделий из ЦСП, обработанных глифталевым лаком всех граней образцов (рис. 2).

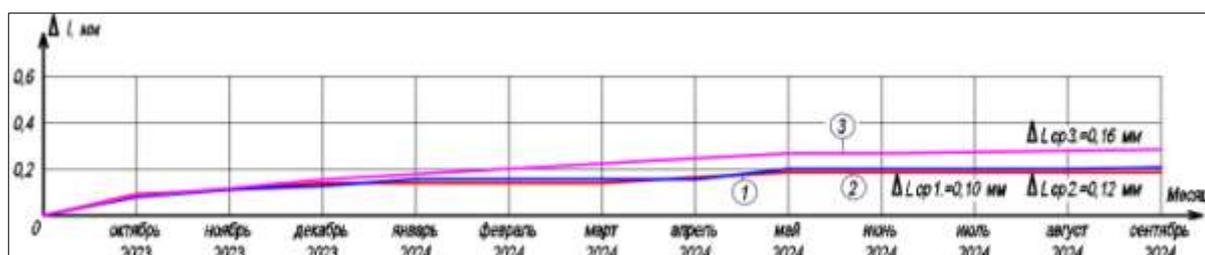


Рис. 2. Результаты испытаний изделий из ЦСП, обработанных глифталевым лаком

Результат испытаний образцов ЦСП, обработанных глифталевым лаком, показал, что плита деформировалась меньше, чем необработанные образцы. Края ЦСП также деформировались незначительно, что подтверждает измерение штангенциркулем. Визуально дефекты практически незаметны. Как видно из графика на рис. 2 изменение линейных размеров идет плавно, без резких деформаций. Образец № 3 в связи с эксплуатацией в прямке испытал чуть больше воздействий, чем два других. В целом образцы ЦСП, обработанные глифталевым лаком, показали хорошие результаты и минимальные деформации. В дальнейшем прогнозируется, что деформации будут минимальны и в течение следующего года эксплуатации стабилизируются.

Результаты испытаний изделий из ЦСП, обработанных водоэмульсионным составом, представлены на рис. 3.

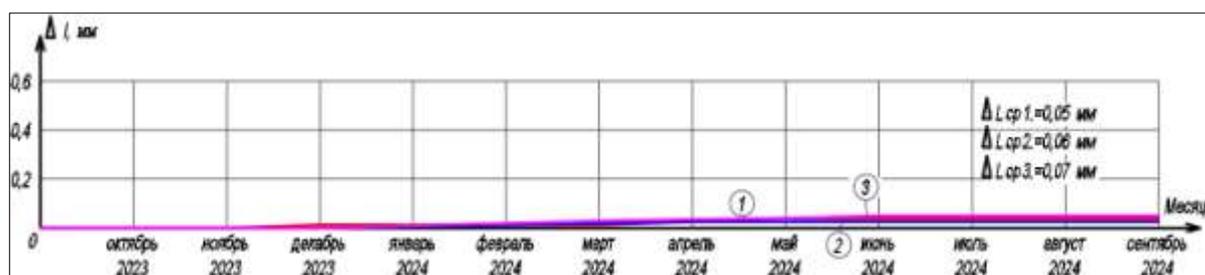


Рис. 3. Результаты испытаний изделий из ЦСП, обработанных водоэмульсионным составом

Результат испытаний образцов ЦСП, обработанных водоэмульсионным составом, показал, что плиты практически не испытали линейных изменений. Минимальные деформация наблюдалась в период сильных осадков, таяния снега и, в дальнейшем, высыхания на солнце. Все испытуемые образцы показали практически одинаковый результат. Прогнозируется, что линейные деформации не будут расти в связи с качеством наносимого материала и правильном нанесении на ЦСП.

В результате проведенного исследования по влиянию покрытия на деформативность изделий из ЦСП в реальных условиях за первый год эксплуатации можно подтвердить заключение завода-изготовителя цементно-стружечных плит АО «ТАМАК» об использовании данного изделия в качестве садовых дорожек, с соблюдением небольших геометрических размеров.

Список источников

1. Кузнецов В. А. Энергоэффективность и экологичность каркасно-панельного дома DreamHouse: моногр. / В. А. Кузнецов, О. А. Корчагина, В. П. Ярцев. LAP, 2020.
2. Ярцев В. П. Физико-механические испытания строительных композитных материалов: метод. указания / В. П. Ярцев, О. А. Киселева. Тамбов: ТГТУ, 2003. 24 с.

3. ГОСТ 26 816-86. Плиты цементно-стружечные. Технические условия. М., 1986. 20 с.

4. Ярцев В. П. Прочность и долговечность цементно-стружечных плит // Вестник ТГТУ. 2000. Т. 6. № 1. С. 137–147.

5. Ярцев В. П. Работоспособность цементно-стружечных композитов в реальных условиях эксплуатации / В. П. Ярцев, В. А. Кузнецов // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли РФ в 2021 г.: сб. тр. РААСН. Т. 2. М.: АСВ, 2022. С. 480–492.

РАЦИОНАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Е. В. Логинова, канд. техн. наук, доцент;

Е. А. Плотников, магистрант

*Хакасский технический институт –
филиал Сибирского федерального университета, Абакан, Россия*

Аннотация. В работе обозначены тенденции снижения воздействия на окружающую среду керамических отходов, предложены рациональные методы их использования в производстве строительных материалов и конструкций малых архитектурных форм.

Ключевые слова: техногенные отходы, кирпичный бой, габионы, малые архитектурные формы

В настоящее время большинство людей планеты переходят к осознанному потреблению, стараясь минимизировать количество отходов как бытовых, так и производственных, заботясь о природе и окружающей среде в целом. Особое внимание уделяется строительной отрасли, которая оказывает существенное влияние на экологические факторы. В частности, для снижения техногенного воздействия на окружающую среду рассматривается вопрос утилизации отходов образующихся в процессе реноваций, реконструкций, физически и морально устаревших зданий, сооружений, а также при утилизации некондиционной продукции керамических заводов. При реализации необходимо активнее внедрять методики переработки этих отходов.

Решение данной задачи позволит снизить экологическую нагрузку, расширит сырьевой сегмент производства строительных материалов, снизит их ресурсоёмкость, что будет отражаться на развитии региона.

В процессе производства керамического кирпича и блоков несоответствующие ГОСТу материалы выбраковываются [8]. Причины брака зависят от ряда факторов: некачественного сырья, транспортировка сырца, нарушении технологических процессов сушки и обжига, небрежное хранение и складирование, неаккуратная загрузка-выгрузка, транспортировка (рис. 1).

В зависимости от исходного сырья, технологий производства керамические материалы и изделия, отличающиеся по цвету от бледно-жёлтых тонов до насыщенно-красных, со сколами выявляющих различные текстуры, а также обломки разного размера, имеющие различные показатели гидрофобности, огнестойкости, прочности, био- и коррозионной стойкости. Усредняя показатели массы боя, возможно подобрать рациональные методы использования керамического боя и некондиционной продукции.



Рис. 1. Штабель керамического кирпича после обжига – технологический брак

Кирпичные заводы практически не перерабатывают брак и некондиционные материалы. Накапливается значительное количество керамических отходов (рис. 2). При реновации, ремонтно-восстановительных работах разрушенных городов и населённых пунктов накапливаются объёмы возобновляемой сырьевой базы строительных материалов. Особенно актуально для районов Крайнего Севера и значительно удалённых районов, куда строительные материалы доставляют сезонными завозами. Рациональность использования боя напрямую зависит от объёмов потенциальной сырьевой базы.



Рис. 2. Складирование боя керамического кирпича

При анализе [1–9] выявлено, что основными направлениями применения отходов из битого кирпича являются производство материалов для отсыпки дорог при обустройстве временных подъездных [1], засыпной звукоизоляции, заполнителя при производстве легкого бетона; заполнителя для растворов, отощающей добавки при производстве керамических материалов и изделий, создания габионов различного назначения.

В нашей стране с учётом огромных запасов природных строительных материалов этой проблеме уделяется недостаточно внимания. Но тенденции развития городов актуализируют эту потребность.

Вопросы, связанные с применением цементных вяжущих и молотой пористой керамикой, ещё недостаточно точно раскрывают их механику взаимодействий. В [2; 3] была подтверждена возможность использования различных техногенных материалов в производстве керамического кирпича, как в роли добавок, так и в качестве основного сырья в некоторых композициях [4], заменяя частично или полностью невозобновимые исчерпаемые ресурсы.

Применяя традиционные технологии и оборудование, возможно утилизировать промышленные отходы, бой керамических кирпичей зданий и сооружений под снос в различных масштабах.

Шамот, являясь высококачественным отошителем глин, не ухудшает огнеупорные свойства керамической массы и имеет значительную стоимость, что делает его нерентабельным для использования в производстве недорогих керамических изделий, таких как керамический кирпич.

Керамический бой, как и шамот, может служить высококачественным отощающим компонентом.

В [5] учёные подчеркивают эффективность использования добавок в виде пыли керамики или керамзита, а также переработанных отходов производства керамических кирпичей и изделий для повышения водостойкости и морозостойкости материала. Это способствует увеличению степени гидратации вяжущих компонентов и формированию более плотной и однородной структуры камня. Добавление молотого кирпичного боя в бетон позволяет снизить уровень образования высолов по сравнению с бетоном, где такая добавка отсутствует [6]. Кроме того, доказано, что использование данной добавки в сочетании с порошкообразными пластификаторами (С-3, ЛСТ, ЛСТП) усиливает активность и реакционную способность вяжущих материалов.

Применение сырьевых смесей с добавками из боя керамического кирпича – достаточно сложный технологический процесс, при котором необходимо контролировать химический, гранулометрический состав компонентов [7], что существенно отражается на качестве выпускаемой продукции.

Наименее энерго- и ресурсозатратным методом переработки керамических отходов является производство габионных конструкций для нужд благоустройства в виде малых архитектурных форм (далее – МАФ). Простота изготовления способна воплотить ряд многообразных фантазийных образов, которые придают индивидуальность как отдельной рекреации, двору или микрорайону в целом. Особенности габионов оцениваются комплексно, по ряду факторов, характеризующих усреднённые свойства массы керамического боя (табл. 1).

Особенности габионов с керамическим боем

Фактор	Показатель	Достоинства/недостатки
1. Плотность керамики	1 600–1 800 кг/м ³	Высокая абсорбция влаги, риск в водонасыщенном состоянии разрушаться. Относительно небольшая масса, что облегчает формирование габионного массива различной конфигурации.
2. Прочность		
– предел прочности при сжатии	5–30 МПа	Прочность в сочетании с относительной лёгкостью в сравнении с иными каменными материалами обеспечивает возможность формирования плотной, жёсткой набивки объёмного массива габиона различных фантазийных форм.
– предел прочности при изгибе	0,7–4,4 МПа	
3. Эстетические характеристики		
– фактура	Рельефная с множественными периодически повторяющимися кавернами в зависимости от пористости исходного материала	Влагопоглощение, гидрофобность. Высокая эстетическая выразительность типа «экостиль», близкая к природным материалам.
– текстура, форма	Кубовидная, окатанная	Разнообразие форм в зависимости от способа дробления, колки исходного материала.
– цвет	От светло-жёлтого до насыщенно-красного	Способность создавать разнообразные цветовые решения композиций.
4. Технологические свойства	Способность обрабатываться (шлифование, дробление, колка, расклинивание, сверление)	Простота механической обработки. В зависимости от типа применяемых способов видов дробильного и сортировочного оборудования возможность получения различных форм зёрен (кубо-, шаровидная) и фактур поверхности (бороздчатые, шлифованные, рифлёные, бугристые).
5. Долговечность	Минимальное количество циклов морозостойкости	Сложность определения, обусловленная комплексом факторов, который можно установить только эмпирическим путём.

По типу габионы делятся на коробчатые, цилиндрические и матрасно-тюфячные. Существует большое количество вариантов использования габионов с керамическим наполнением в качестве МАФ. Широко распространены такие формы, как ограждения, скамьи, шары, кашпо-габион и другие различные массивные арт-объекты (рис. 3) [9].



Рис. 3. Виды МАФ

Габионы изготавливаются из стальной проволоки с оцинкованным или усиленным антикоррозионным покрытием из цинка, алюминия или ПВХ. Проволоку плетут в сетку с 6-угольными ячейками, которая затем крепится к прочному металлическому каркасу. Для плетеных габионов используется проволока диаметром от 2,2 до 4,0 мм. В случае когда габион сваривают, диаметр прута – от 4,0 до 5,0 мм. Плетёный габион обладает несколькими преимуществами, такими как равномерная усадка, гибкость и устойчивость в случае просадки грунта. В то же время сварной габион характеризуется жёстким каркасом, возможностью создания различных сложных форм и привлекательным внешним видом.

Использование техногенных отходов, полученных из боя керамического кирпича и черепицы, в роли заполнителя для создания строительных материалов открывает новые возможности для расширения сырьевой базы в строительной сфере. Это также помогает решить архитектурные задачи по благоустройству территорий с применением габионных конструкций в различных моделях МАФ, а также эффективно справляется с вопросами утилизации и переработки промышленных отходов в виде некондиционной продукции, боя керамического кирпича, черепицы, образующихся при сносе зданий и сооружений.

Список источников

1. Ткаченко Е. А. Использование бракованного кирпича в архитектуре модернизма / Е. А. Ткаченко, М. И. Ломов // Молодые исследователи в ответ на современные вызовы: матер. 2-го междунар. науч.-иссл. конкурса. Петрозаводск: Новая наука, 2022. С. 172–178. URL: elibrary.ru/download/elibrary_49733711_44412972.pdf.

2. Довженко И. Г. Исследование влияния металлургических шлаков на сушильные свойства керамических масс для производства лицевого

кирпича // Стекло и керамика. 2013. № 12. С. 24–27. URL: elibrary.ru/download/elibrary_15594764_19285867.pdf.

3. Столбоушкин А. Ю. Влияние температуры обжига на формирование структуры керамических стеновых материалов из тонкодисперсных отходов обогащения железных руд / А. Ю. Столбоушкин, Г. И. Бердов, О. В. Столбоушкина и др. // Известия вузов. Строительство. 2014. № 1. С. 33–42. URL: elibrary.ru/download/elibrary_21473626_48964059.pdf.

4. Андрианов Н. Т. Химическая технология керамики: учеб. пособие / Н. Т. Андрианов, В. Л. Балкевич, А. В. Беляков и др.; под ред. И. Я. Гузмана. М.: Стройматериалы, 2011. 471 с.

5. Соколов А. А. Композиционные шлакощелочные вяжущие с добавками молотого боя керамического кирпича, растворы и бетоны на их основе: автореф. дисс. д-ра техн. наук. Казань, 2006. 20 с. URL: elibrary.ru/download/elibrary_11734295_30796792.pdf.

6. Яковлев Г. И. Использование молотого боя кирпичной кладки для производства цементных бетонов с наномодифицирующей добавкой на основе продукта металлургического производства / Г. И. Яковлев, К. А. Кисляков // Интеллектуальные системы в производстве. 2014. № 1 (23). С. 152–155. URL: izdat.istu.ru/index.php/ISM/article/view/1548/361.

7. Пудов И. А. Наномодификация портландцемента водными дисперсиями углеродных нанотрубок: автореф. дисс. канд. техн. наук. Казань, 2013. 19 с. URL: viewer.rsl.ru/ru/rsl01005533755?page=1&rotate=0&theme=white.

8. ГОСТ 530-2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия. URL: cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&rnd=8IqYMG&base=ATN&n=2406#TPjK3RUBD88Aa2O6.

9. Преснов О. М. Габийонные конструкции. Области применения / О. М. Преснов, В. А. Базитов, К. Д. Чуричев и др. // Системные технологии. 2021. № 4 (41). URL: cyberleninka.ru/article/n/gabionnye-konstruktsii-oblasti-primeneniya.

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИЙ РЕЦИКЛИНГА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ

А. В. Мисюров, магистрант;

Е. Е. Ибе, канд. техн. наук, доцент

Хакасский технический институт –

филиал Сибирского федерального университета, Абакан, Россия

Аннотация. В данной статье рассмотрена актуальность вопроса рециклинга в строительстве. Особое внимание уделено основным эколого-экономическим аспектам в пользу внедрения рециклинга в строительство. Предложены методы переработки строительных материалов.

Ключевые слова: *строительство, строительные отходы, строительные материалы, рециклинг*

Актуальность рециклинга. Строительство является одной из ведущих отраслей в экономической структуре РФ. С каждым годом на территории страны образуются новые объекты недвижимости, и их количество продолжает расти большими темпами. Вследствие этого перед строительной отраслью встают новые проблемы. Одной из таковых является проблема большой выработки строительных отходов. Строительные отходы могут быть образованы в результате сноса, так и при непосредственно строительномонтажных работах. Большое количество получаемых отходов негативно влияет на экологическую обстановку. Согласно статистике, за один год в России официально образуется более 100 млн т строительных отходов, из всего этого количества 60–65 % занимает бетон, железобетон и кирпич [1]. С каждым годом этот объём растёт на 25 %. Также, проведя анализ динамики роста образования строительного мусора (рис. 1), можно сделать вывод, что каждое десятилетие объём строительных отходов увеличивается вдвое.

На сегодняшний день один из самых популярных способов утилизации отходов – захоронение, при котором отходы помещаются в специально отведённые места для долгосрочного хранения или захоронения. Этот метод имеет ряд недостатков, таких как загрязнение окружающей среды, потеря ценных ресурсов и необходимость выделения больших площадей под полигоны. Стоит отметить, что каждая тонна размещённых на полигоне отходов приводит к выбросам в атмосферу от 0,97 до 1,6 т CO₂-экв. Также на мусорных полигонах часто возникают пожары, длящиеся по несколько дней, что вносит негативный отпечаток на экологию. Метод захоронения отходов может существовать, при должном надзоре и регулировании мусорный полигоны наносят минимальный вред окружающей среде. Но, к сожалению, с большими объёмами получаемых отходов,

в т. ч. строительных, становится сложно контролировать работу полигонов. На содержание мусорных полигонов тратятся огромные средства из федеральных и муниципальных бюджетов. От метода захоронения ТБО не получится уйти, т. к. кроме строительных отходов существуют и другие. Но если уменьшить долю строительных отходов, снизится нагрузка на полигоны ТБО, ведь почти все строительные отходы подлежат переработке. Основным способом экологического и экономически выгодного избавления от строительных отходов является рециклинг.

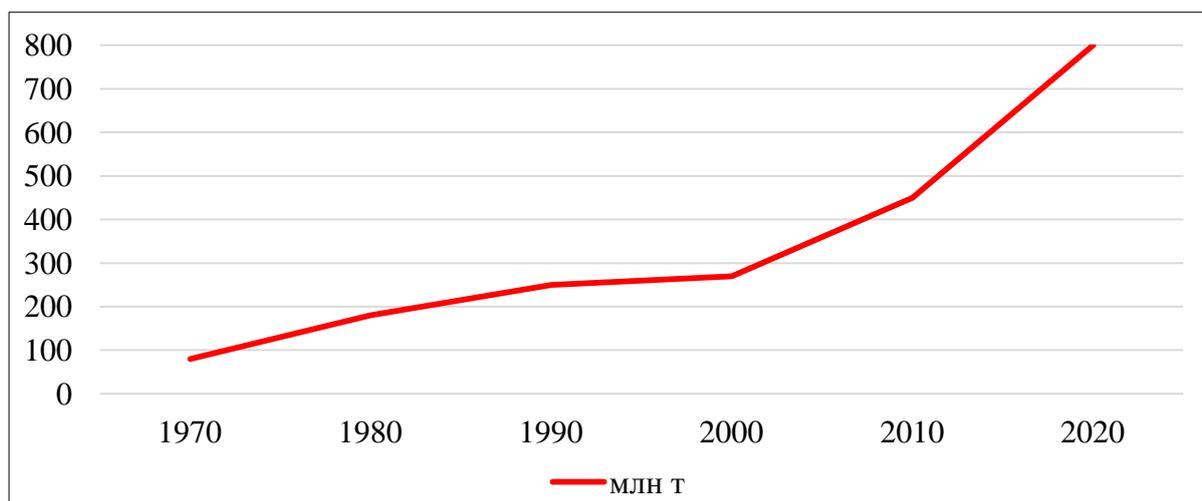


Рис. 1. Динамика образования строительных отходов с 1970 г.

Аспекты. Строительный рециклинг – это комплекс мероприятий, направленных на переработку строительных отходов и использование их снова при строительстве. Рециклинг строительных отходов обеспечивает сохранение природных ресурсов, положительно влияет на экологическую обстановку и выгоден экономически. В пользу рециклинга можно отметить несколько важных экономических и экологических аспектов.

1. Сокращение затрат на материалы. Переработка и повторное использование строительных материалов снижают затраты на закупку новых материалов. Это позволяет сократить расходы на строительство и улучшить финансовую эффективность проектов.

2. Уменьшение затрат на вывоз мусора. Использование технологий позволяет сократить расходы на вывоз и утилизацию строительных отходов. Это особенно актуально в условиях повышающихся цен на вывоз строительного мусора и соответствующего ужесточения экологических требований.

3. Повышение конкурентоспособности. Компании, которые активно внедряют технологии рециклинга в строительство, могут предлагать лучшие конкурентные цены благодаря уменьшению затрат. Это помогает привлекать больше клиентов и увеличивать объёмы заказов.

4. Стимулирование инноваций. Развитие технологий рециклинга в строительстве способствует появлению новых инновационных решений

и методов, которые могут быть применены в дальнейшем в других отраслях. Это способствует развитию экономики и повышению эффективности.

5. Снижение рисков. Использование переработанных материалов в строительстве может снизить риски, связанные с нехваткой сырья или ухудшением качества материалов. Это способствует более стабильной и надежной работе компаний в строительном секторе.

6. Уменьшение отходов. Введение технологии рециклинга позволяет использовать отходы строительства и демонтажа для производства новых материалов. Это снижает количество отходов, которые идут на свалку, и уменьшает негативное воздействие на окружающую среду [2].

7. Энергосбережение. Процесс переработки отходов в новые строительные материалы требует меньше энергии, чем производство материалов из первичного сырья. Это позволяет снизить выбросы парниковых газов и сократить использование природных ископаемых ресурсов.

8. Снижение загрязнения окружающей среды. Переработка отходов вместо их выброса на свалку значительно снижает загрязнение почвы, воды и воздуха. Это способствует сохранению экосистем и улучшению качества окружающей среды.

9. Увеличение продолжительности жизни материалов. Многие материалы, полученные с помощью технологии рециклинга, обладают аналогичными или улучшенными характеристиками, чем традиционные строительные материалы. Это позволяет увеличить срок службы конструкций и снизить необходимость в периодическом ремонте и реконструкции [2].

10. Минимизация отходов на строительной площадке. Переработка строительных отходов на месте строительства снижает объём отходов, требующих вывоза на свалку, что снижает вред для окружающей среды, в т. ч. людей, т. к. строительство в основном производится в населённых пунктах.

Все вышеперечисленные аспекты являются прямым доказательством того, что внедрение технологии рециклинга в строительство имеет позитивный характер для экологии и экономики. Ведь он способствует уменьшению негативного воздействия на окружающую среду и содействует устойчивому развитию строительной отрасли.

Технологии рециклинга. В России существует несколько популярных методов переработки строительных материалов и строительных отходов (табл. 1), которые позволяют не только сократить количество строительного мусора, а также снизить негативную нагрузку на экологию.

Наиболее популярным методом переработки строительных отходов на территории России является рециклинг бетонных и железобетонных изделий. Дробление бетонных изделий для получения бетонной крошки различных фракций имеет огромный потенциал для развития. В свою очередь другим, не менее популярным способом является захоронение строительных отходов на мусорных полигонах, не всегда официальных. Несмотря на все свои недостатки, метод захоронения останется популярным ещё на долгие годы.

Таблица 1

Популярные методы переработки строительных отходов в РФ

Метод	Краткое описание	Достоинства	Недостатки
Дробление и измельчение бетонных изделий	Используется для переработки бетона, кирпича, асфальта и других строительных отходов. Полученные материалы могут быть использованы для отсыпки и в качестве крупного заполнителя для бетонных смесей.	– популярность; – удобство; – широкое применение полученного вторсырья	– дорогое оборудование
Пере熔авка стекла	Стеклобой переплавляется и используется для производства новых изделий из стекла.	– экономия большого количества ресурсов и энергии; – актуальность	– дорогое оборудование
Переработка металла	Металлические конструкции и изделия переплавляются.	– востребованность; – экономия ресурсов	– дорогое оборудование и большие производственные мощности; – в основном не экологичный процесс
Повторное использование древесины	Пиломатериал, который не потерял свою прочность, может быть повторно использован после соответствующей обработки.	– экономия средств; – востребованность б/у деревянных конструкций; – благоприятный вклад в экологию	– нет нормативной базы для проверки несущей способности деревянных конструкций
Повторное использование ж/б элементов	Ж/б изделия после испытаний используют повторно исходя из назначения.	– быстрый монтаж изделий; – дешевизна	– нет нормативной базы на проверку ж/б изделий; – сложность обследования изделий
Компостирование органических строительных отходов	Органические отходы (дерево, бумага, картон) могут быть переработаны в компост, который используется в с/х.	– дешевизна	– невысокая востребованность сырья

Для ухода от мусорных полигонов важно создать единую нормативную базу для управления строительными отходами, как это сделано во многих зарубежных странах, также необходимо перенимать мировой опыт рециклинга строительных материалов [2].

Применение рециклинга на примере Хакасии. Что касается строительных отходов, которые образуются на территории Респ. Хакасия, то это в основном кирпичный бой, гипсовые изделия, лом бетона, металл, теплоизоляционные изделия и упаковка. Вышеперечисленные отходы относятся IV, V классу опасности. Т. е. они не угрожают жизни человека и окружающей среде. Также стоит отметить, что на территории Хакасии сохранилось много зданий и сооружений, большая часть которых морально устарела или вовсе уже давно не используются. Одним из таких является аварийное здание общежития, подлежащее сносу, расположенное по адресу: РХ, г. Черногорск, ул. Дзержинского, 126. В марте 2024 г. здание рухнуло и теперь подлежит полному демонтажу (рис. 2).



Рис. 2. Общежитие в Черногорске

Указанное общежитие относится к типовой серии 1-412, здание возведено в 1969 г., 80 % зданий похожей серии на территории РФ уже демонтированы. Общежитие имеет 5 этажей, 1 подъезд и общую площадь 5 036,6 м². До момента обрушения зданию было присвоено 45 % износа. В табл. 2 представлен перечень и объём основных материалов, полученных при демонтаже зданий, также указан способ рециклинга и область применения переработанного материала.

Рециклинг общежития в Черногорске

Материал	Объём	Способ рециклинга	Область применения
Кирпичный бой	950 м ³	Дробление или измельчение	В качестве крупного заполнителя в бетонную смесь или для отсыпки
Бетонный бой	520 м ³		
Металл	89 т	Переплавка	Металлургическая промышленность
Пластик и изделия из него	1,1 т		В различных отраслях промышленности
Стеклобой	0,75 т		
Древесина	80 м ³	Повторное использование или измельчение в щепу	

Список источников

1. Наумова А. Д. Методы вовлечения в рециклинг строительных отходов / А. Д. Наумова, Н. С. Миниغازимов // Обращение с отходами: современное состояние и перспективы. 2019.

2. Эргашев М. М. Утилизация строительных отходов – мировой опыт // Теория и практика современной науки. 2020. № 10 (64). С. 90–93.

ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И РОБОТИЗАЦИИ В СФЕРЕ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

А. А. Морозов, студент;

Е. С. Турышева, канд. техн. наук, доцент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы и проанализированы актуальные тенденции и проблемы, связанные с использованием автоматизации и роботизации в сфере малоэтажного строительства. В ходе исследований был сделан анализ экономической целесообразности автоматизации и роботизации в строительстве малоэтажных домов. Целью работы является повышение качества строительных работ.

Ключевые слова: автоматизация, роботизация, малоэтажное строительство

Введение. В строительной индустрии наблюдается непрерывное развитие, а одним из ключевых факторов, повышающих эффективность и качество строительных проектов, является автоматизация и роботизация процессов. Эти технологии оказывают огромное воздействие на различные сферы строительства, включая сборку и монтаж малоэтажных домов. В данной статье мы рассмотрим и проанализируем актуальные тенденции и проблемы, связанные с использованием автоматизации и роботизации в сфере малоэтажного строительства [1].

Сборка и монтаж малоэтажных домов – это задача, которая требует большого количества трудовых затрат и времени. Однако, с развитием технологий робототехники и автоматизации строительные процессы стали более эффективными и экономичными. Специализированные роботы и автоматизированные системы способны выполнить множество задач, связанных со строительством, с высокой точностью и скоростью.

Основная цель данного исследования заключается в анализе и обсуждении применения автоматизации и роботизации в сфере сборки и монтажа малоэтажных домов. Мы рассмотрим существующие преимущества и ограничения, а также выявим перспективы дальнейшего развития этой технологии. Так же, предоставим практические рекомендации, которые могли бы помочь строительным компаниям и специалистам в оптимизации процессов и повышении качества строительных работ.

Актуальность исследования автоматизации и роботизации в сфере малоэтажного строительства непрерывно растёт, подталкиваемая быстрыми темпами технологического прогресса и стремлением к улучшению эффективности строительных процессов. Обзор литературы позволяет нам оценить текущее состояние данной области и выделить ключевые аспекты, на которые следует обратить внимание [2].

Одним из важных аспектов является использование автономных роботов в сфере строительства. Исследования показывают, что автономные роботы могут выполнять разнообразные задачи, начиная от архитектурного проектирования и заканчивая финишной отделкой домов. Например, автономные строительные роботы способны сканировать окружающую среду, создавать цифровые модели строительных объектов и даже управлять процессами сборки.

Другой важной областью исследования является разработка и применение автоматизированных систем в строительстве малоэтажных домов. Эти системы могут контролировать и оптимизировать различные аспекты строительства, в т. ч. управление материалами, планирование задач и мониторинг качества работ. Автоматизированные системы позволяют снизить риски и повысить производительность строительных процессов [3].

Помимо технических аспектов, важным фактором является экономическая целесообразность автоматизации и роботизации в малоэтажном строительстве. Исследования показывают, что хотя внедрение новых технологий может потребовать значительных инвестиций, оно может привести к существенному снижению затрат и увеличению конкурентоспособности строительных компаний.

Обзор литературы подчёркивает актуальность и важность исследования вопросов автоматизации и роботизации в сфере сборки и монтажа малоэтажных домов. В следующих разделах мы более детально рассмотрим результаты исследования, связанные с этой темой, и предоставим практические рекомендации для применения на строительной площадке.

Методы и материалы. В ряде исследований и публикаций был рассмотрен вопрос применения автономных роботов в различных аспектах строительства малоэтажных домов. Эти роботы могут выполнять задачи, такие как перемещение строительных материалов, рытьё и выемку грунтов, а также выполнение точных измерений. Результаты исследований показывают, что автономные роботы могут повысить эффективность и безопасность стройки [4].

Множество исследований было посвящено разработке и применению автоматизированных систем управления строительными проектами. Эти системы позволяют оптимизировать планирование задач, контролировать бюджет и ресурсы, а также обеспечивать надёжный мониторинг хода строительства.

Важным аспектом исследований является анализ экономической целесообразности автоматизации и роботизации в строительстве малоэтажных домов. Исследователи сравнивают затраты на внедрение новых технологий с потенциальными выгодами, такими как снижение трудозатрат, сокращение сроков выполнения работ и улучшение качества.

Исследователи также активно исследуют практические решения и инновации в области робототехники и автоматизации для строительства. Это включает в себя создание и тестирование прототипов роботов, разработку новых строительных материалов и инженерных решений.

Современные исследования также обращают внимание на экологическую устойчивость и уменьшение воздействия на окружающую среду в строительстве. Рассматриваются методы и технологии, которые способствуют снижению энергопотребления и использованию новых материалов.

Результаты. Существующие исследования и анализ ситуации подчёркивают неоспоримую актуальность и потенциал автоматизации и роботизации в строительстве малоэтажных домов. Эти технологии предоставляют строительным компаниям мощные инструменты для оптимизации процессов, увеличения производительности и снижения трудозатрат. Применение автономных роботов, автоматизированных систем управления проектами и других инноваций может существенно повысить качество строительства.

Внедрение автоматизации и роботизации, несомненно, сопровождается множеством преимуществ, включая увеличение точности, снижение рисков и сокращение времени выполнения проектов. Однако, стоит отметить, что успешное внедрение таких технологий требует серьёзных вложений и подготовки. Экономическая целесообразность может варьироваться в зависимости от конкретных условий и задач проекта.

Существующие исследования и практические примеры указывают на перспективы дальнейшего развития автоматизации в строительстве. В будущем исследования в этой области будут сконцентрированы на создании более совершенных автономных систем, разработке инновационных строительных материалов и технологий, а также на поиске устойчивых и экологически важных решений. Будущие исследования также уделят внимание вопросам обучения и подготовки специалистов для работы с автоматизированными системами.

Заключение. Ознакомительная статья о роли автоматизации и роботизации в малоэтажном строительстве представляет актуальный обзор существующих исследований и ключевых тенденций в данной области. Мы обсудили потенциал автономных роботов, автоматизированных систем управления проектами и других инноваций для оптимизации строительства. Преимущества и недостатки, связанные с внедрением автоматизации, стали очевидными, а тенденции будущих исследований указывают на перспективы развития этой области. В целом автоматизация и роботизация в малоэтажном строительстве представляют значительный потенциал для улучшения производительности, качества и экологической устойчивости отрасли. Эти технологии будут продолжать привлекать внимание исследователей и индустрии, а будущее исследований в этой области обещает инновации и решения.

Список источников

1. Smith J. Robotic Applications in Low-rise Building Construction // International Journal of Robotics and Automation. 2020. No. 35 (2). Pp. 78–92.
2. Brown A. Automation and Robotics in Low-rise House Construction: a Review / A. Brown, L. Johnson // Construction and Building Materials. 2019. No. 42 (4). Pp. 56–67.
3. Green M. Efficiency of Project Management Automation in Low-rise Housing Construction / M. Green, P. White // Journal of Construction Engineering and Management. 2018. No. 25 (3). Pp. 101–115.
4. Robinson S. Economic Analysis of Automation in Low-rise Building Assembly and Installation / S. Robinson, R. Clark // Construction Economics and Building. 2021. No. 14 (1). Pp. 34–48.

ПРОБЛЕМЫ И АКТУАЛЬНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ПРИСПОСОБЛЕНИИ ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАМЯТНИКОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Р. В. Мотылев, канд. техн. наук, доцент;

А. О. Санжара, студент

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. Целью настоящей работы является разработка теоретических основ формирования общественного пространства на основе памятников промышленной архитектуры с использованием новых технологий. Методика исследования основана на комплексном подходе, включающем: изучение отечественной и зарубежной практики, изучение и анализ научных трудов, литературных источников. В результате работы определена потребность сохранения и использования индустриального наследия Санкт-Петербурга в качестве общественных пространств, разработаны предложения по внедрению современных технологий строительного производства.

Ключевые слова: *лазерное сканирование, реконструкция, реставрация, промышленные здания, общественные здания, перепрофилирование*

Санкт-Петербург – масштабный памятник культуры, который сохранил черты исторического центра, а также пригородный ансамбль. Общая ценность исторической среды в целом во много раз превышает значимость его отдельных составляющих. Высокий уровень целостности и аутентичности исторических территорий стал основным фактором для включения в «Список Всемирного наследия ЮНЕСКО» исторического центра Санкт-Петербурга, включая группы памятников пригородов.

Уникальность Петербурга состоит в подлинности, многогранности и общечеловеческой значимости его культурного наследия.

Помимо всеми известных произведений дворцово-паркового и культурного зодчества, город также является наследником индустриальной архитектуры. Она является свидетельством его существенной роли в становлении промышленности России. Подобная застройка является одним из важнейших элементов планировочной структуры невской столицы. Заводские комплексы занимают значительные территории.

С 1991 г. в России закрылись несколько десятков тысяч заводов и цехов. Переквалификация коснулась объектов в основном оборонной промышленности, авиастроения, электроники, машиностроения, чья продукция имела конкурентоспособность на экспортном рынке. Однако, подобные изменения стали следствием политических решений прошлого руководства страны, а не отображением социально-экономической целе-

сообразности. Только недавно перепрофилирование промышленных зданий стало реализовываться на основе долговременных городских и отраслевых программ.

Тренд на переосмысление промышленных построек набирает ход и нуждается в решении задач адаптивного повторного использования заброшенных зданий и территорий. Такие проекты не только воскрешают руины эпохи индустриализации, но и вносят вклад в повышение эффективности использования градостроительных ресурсов, способствуя экономическому развитию и повышая уровень жизни.

Одним из первых этапов реализации любого проекта является проведение инженерных изысканий. Чем сложнее объект исследования, тем более трудоёмким становится процесс сбора данных и его анализа. Но не так давно при реконструкции объектов стала пользоваться большим спросом технология лазерного сканирования. Она позволяет воспроизвести трёхмерное изображение, с целью получения точных данных архитектурных обмеров, геодезической съёмки, интерьеров и фасадов зданий. Например, в случае отсутствия у объекта чертежей и схем, проблематично произвести замеры посредством стандартных инструментов. Главным образом это относится к нестандартным объектам, построенным на большой высоте или тех, к которым доступ ограничен из-за производственного оборудования. В этих условиях только благодаря лазерному сканированию можно воспроизвести трёхмерную модель с точными размерами и сведениями о положении и конфигурации объекта.

Основные преимущества данного метода при реконструкции зданий:

- высокая скорость проведения измерений, позволяющая снимать габаритные фасады крупного здания или сооружения за один день полевых работ;

- возможность быстрой загрузки данных, полученных в процессе лазерного сканирования, в информационную модель, содержащую подробную информацию об объекте в цифровом виде;

- полная безопасность специалистов, которые осуществляют замеры фасадов и внутренних помещений жилых зданий или промышленных сооружений;

- точность данных (до 0,5–5 мм);

- возможность проведения измерительных работ на объекте недвижимости в темное время суток и при плохих погодных условиях.

Недостатки:

- сложности в работе при минусовой температуре;

- нестандартные архитектурные формы плохо поддаются автоматическому переносу данных.

При реконструкции зданий проводят следующие работы.

1. Усиление фундамента. Существует несколько методов, зависящих от конструкции основания объекта. Так, например, для свайного фундамента устанавливают обоймы вокруг вращающихся опор либо усиливают дополнительными сваями. Для ленточного фундамента применяется метод

усиливающей бетонной отливки, а также установка бетонной обоймы. В качестве усилителя монолитного основания используют дополнительные опорные элементы.

2. Проведение реконструкции несущих стен, перекрытий и лестничных маршей.

3. Надстройка одного или нескольких дополнительных этажей, в т. ч. мансардного.

4. Увеличение общей площади или габаритных размеров цоколя здания.

5. Проведение ремонтных работ во внутренних помещениях промышленного здания.

6. Утепление полов, замена кровли и облицовка внешнего фасада здания.

7. Установка, ремонт и замена оборудования для инженерных коммуникаций, обеспечивающих комфорт и безопасность.

Рассмотрим варианты реконструкции промышленных зданий и их перепрофилирования в России и за рубежом. Иностраным примером является реконструкция железнодорожного вокзала Парижа под музей «д'Орсе». Объект был возведён в 1898–1900 гг. и считается памятником архитектуры. Фасад вокзала был полностью сохранен, а изнутри преобразован под музей. На сегодняшний день «д'Орсе» считается ценным объектом культурного наследия столицы Франции и включается в список мест посещения туристов.



Рис. 1. Музей «д'Орсе»

В качестве отечественного примера проанализируем здание Варшавского вокзала. Его строительство было осуществлено в 1850-х гг. с целью запуска железнодорожного пути до Варшавы. В связи с историческими событиями вокзал перестал функционировать по назначению в 2001 г. В 2003–2006 гг. по проекту Джованни Бартоли здание вокзала было реконструировано: здесь открылся торговый многофункциональный комплекс «Варшавский экспресс». Проект реконструкции предусмотрел воссоздание перекрытия дебаркадера по всей протяжённости вокзала, в т. ч. металлической остеклённой конструкции стены, расположенной со стороны железнодорожных путей, утраченной ранее. В результате реставрации были сохранены конструкции уцелевшей части перекрытия дебаркадера, в т. ч. существовавшие металлические клепаные балки. Подъездные железнодорожные пути в пространстве бывшего дебаркадера и близлежащие к зданию заасфальтированы.



Рис. 2. Фасад Варшавского вокзала

Подведём итоги. В ходе работы выявлена потребность в реконструкции промышленных объектов под общественные пространства. Основными причинами являются: сохранение культурного наследия Санкт-Петербурга, увеличение процента освоения городских территорий, повышение уровня жизни. В качестве новой тенденцией реализации подобных проектов рассмотрено применение лазерного сканирования на этапе инженерных изысканий. Данная технология позволит повысить доступность, скорость и точность измерений в ходе обследования здания. В статье рассмотрены варианты работ при реконструкции, а также проанализированы зарубежный и отечественный опыт на примере музея «д'Орсе» в Париже и Варшавского вокзала в Санкт-Петербурге.

Список источников

1. Михайлов А. В. История формирования охранного зонирования объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) Ленинграда – Санкт-Петербурга / А. В. Михайлов, Е. А. Козырева. М.: Альпина Паблишер, 2023.
2. Топчий Д. В. Реконструкция и перепрофилирование производственных зданий. 2008.
3. Лавров В. В. Актуальные проблемы охраны и использования объектов природного и культурного наследия: учеб. пособие. 2016.
4. Вольфсон В. Л. Реконструкция и капитальный ремонт жилых и общественных зданий: справочник производителя работ / В. Л. Вольфсон, В. А. Ильяшенко, Р. Г. Комисарчик. 2001.
5. Гранстрем М. А. Историко-архитектурные аспекты музеефикации промышленного наследия: на примере Адмиралтейских Ижорских заводов // ВАК РФ 18.00.01. 2007.
6. Чайко Д. С. Современные тенденции нового использования исторически промышленных объектов // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 3 (45).
7. Гордеева Е. А. Промышленное наследие «серого пояса» Санкт-Петербурга: проблемы сохранения и дальнейшие перспективы // Вопросы музеологии. 2021. Т. 12. № 2.
8. Чайникова О. О. Воссоздание памятников архитектуры в современной реставрационной практике на примере Санкт-Петербургского региона: дисс. канд. архитектуры. 2021.
9. Петербургская стратегия сохранения культурного наследия. URL: kgiop.gov.spb.ru/deyatelnost/peterburgskaya-strategiya-sohraneniya-kulturnogo-naslediya.
10. Реконструкция объектов строительства: виды, этапы и порядок проведения. URL: academy.peri.ru/blog/rekonstruktsiya-obyektov-stroitelstva.

ТРЕХМЕРНАЯ ПЕЧАТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

С. В. Пиндур, студент;

Р. Т. Емельянов, д-р техн. наук, профессор

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В данной работе приведены основные преимущества аддитивных технологий, применяемых в строительстве. Актуальность представленной работы в первую очередь связана с быстрыми темпами развития промышленности и наступлением четвертой промышленной революции, а именно цифровых технологий в производстве.

Ключевые слова: *строительство, 3D-принтеры, аддитивные технологии, качество*

Строительная площадка является зоной повышенной опасности, а выполнение работ отличается сложностью и монотонностью, всё это служит якорем для всей отрасли. Но что если уже есть технология, которая, если не лишена недостатков, то очень и очень сильно минимизирует их, а ее преимущества уже на порядок выше. В любом строительном проекте успех складывается всего из трёх факторов – стоимость, сроки и результат (качество). 3D-печать в строительстве – это самая недооценённая технология на данный момент, именно в ней складываются эти факторы и растворяются недостатки привычных для нас способов строительства.

Самые новаторские исследования и разработки в технологии строительной 3D-печати подробно описаны в научных публикациях многих авторов, таких как Д. А. Лунева, А. С. Иноземцев, З. Т. Куй, А. О. Аржанников, С. Г. Абрамян, *J. M. Davidla Delgado*, Н. Ю. Андреев, *A. O. Ajayi, O. O. Akinade*. Но до сих пор при всех научных разработках, практических проектах и исследованиях уровень автоматизации и масштабного применения остаётся низким. Требуется решить задачи подачи смеси 3D-принтером, контроля качества экструзии и состояния конструкции до набора первичной прочности или затвердевания. Необходимо разработать алгоритмы работы техники в случаях непредвиденных обстоятельств, блокировки систем или выполнения установленных действий по ситуации.

Экономически рациональное создание уникальных проектов и обеспечение малоимущих слоёв населения – это два основных перспективных направления 3D-печати в строительстве. Причём жильё должно быть долговечным, экологичным, комфортным и доступным финансово для реализации. Фактором сдерживания повсеместного применения выступает отсутствие законодательной базы для 3D-печати в строительстве. Тем не менее, применяя исключительно эту технологию возведения, строители с абсолютно разных уголков мира строили объекты, которые уверенно стоят

и уже довольно долго эксплуатируются. Примером таких работ будет дом охранников Екатеринбургского цементного завода от компании из города Ярославль в России. Это первый объект недвижимости, напечатанный компанией «АМТ-Спецавиа» в 2015 г., который стал визитной карточкой компании. Дом площадью 165 м² изображён на рис. 1.



Рис. 1. Дом российской компании «АМТ-Спецавиа»

Большой интерес проявляют в ОАЭ, там даже существует конкуренция между такими компаниями, как голландская *CyBe Construction*, американская *Contour Crafting* или итальянская *WASP*. Так, первой из них уже предложили контракт на возведение 20 % всех новых зданий Дубая – в 2019 г. там с помощью принтера компании *APISCOR* возвели здание площадью 640 м².

Но, как и во всём, существуют свои преимущества и также свои недостатки. Основываясь на их анализе, стоит делать вывод о перспективах данной технологии для будущего. Для выявления плюсов и минусов необходимо разобраться с технологией и особенностями строительной печати.

Строительные 3D-принтеры оснащаются печатающими головками, т. н. экструдерами, через них выдавливается и укладывается бетон, послойно формируя конструкции внутренних и внешних стен будущего здания. Предварительно должен быть разработан проект трехмерной модели объекта на компьютере в CAD-программе. Раствор для печати должен иметь четкие характеристики консистенции, для этого применяют пластификаторы и добавки, но в целом процесс смешивания компонентов подобен приготовлению обычного бетона. По готовности раствор нагнетается давлением в шланг, ведущий к головке принтера. Экструзия происходит с фиксированной скоростью на подготовленную площадку. По сути, принтер очерчивает периметр проекта, послойно нанося материал.

Аддитивными технологиями называют формирование объектов при помощи трёхмерной печати. Для автоматической работы принтера требуется создать компьютерную модель будущего объекта. Делается это в привычных инженерам трёхмерных графических редакторах, таких как *Revit*, *SolidWorks*, *3DStudioMax*. Трёхмерная модель объекта разбивается на слои и алгоритм их последовательности. Таким образом, принтер печатает объект слой за слоем в соответствии с программной моделью, выдавливая каждый уровень в плоскости, а затем перемещаясь по вертикальной оси для печати нового уровня.

Непосредственную печать строительных конструкций 3D-принтером можно разделить на следующие этапы.

1. В первую очередь подключаются все системы принтера, электропитание, комплексы автоматизации, силос и бункер со смесью, проверяется наличие компонентов, требуется визуальный осмотр как самого принтера, так и подвижных механизмов, после чего проверяется их функциональность и работоспособность системы в целом.

2. Осуществляем подачу всех необходимых компонентов к дозаторам для равномерного распределения состава.

3. Дозирование происходит в бетоносмесительное устройство, в которое подается вода и в течение 10 мин происходит перемешивание.

4. Из бетоносмесительной установки раствор или рабочую смесь подают в бункер шнекового насоса, откуда она поступает на печатающую головку или экструдер. Для обеспечения бесперебойности работы могут использоваться промежуточные бункеры, в каждом обязательно постоянное перемешивание смеси.

5. При помощи компьютера и специального программного комплекса *Mach3* открывается трёхмерная модель конструкции.

6. Печатающая головка встаёт в начальную отметку согласно программе и модели объекта. Данный комплекс готов к работе.

7. Начало экструзии или печати объекта, смесь равномерно выдавливается на поверхность, а манипулятор передвигает экструдер согласно архитектуре объекта, изображённой в виде 3D-модели.

8. Для управления и сопровождения процессов работы достаточно 1–2 чел., оператор-специалист, задача которого следить за корректной работой техники и устанавливать элементы армирования в конструкцию через определённые уровни.

Строительные 3D-принтеры бывают трёх видов конструкций, порталного типа, в виде козлового крана, нас же интересует новейший, но самый перспективный из них – 3D-принтер манипуляторного типа. Первые два ограничены в рабочем пространстве, осложнены собственным весом, размерами, сборкой, а значит и сроками установки. Манипулятор, в свою очередь, очень мобилен, для его транспортировки и эксплуатации требуется 2 чел. Для его установки нужен небольшой кран в отличие от целой бригады с крупной техникой для сборки порталного принтера.

В [1] рассмотрено применение 3D-печати в строительстве и перспективы её развития. Авторы данной статьи выделяют интенсивное и неотвратимое развитие 3D-технологий, их постоянное внедрение в новые, порой неожиданные сферы деятельности человека, такие как медицина, электроника, а также во многих других отраслях. Преимуществом использования этих технологий является совокупность скорости и точности создания необходимых объектов с существенным сокращением ручного труда. Крайне важно упомянуть что подавляющее большинство самих технологий непосредственно относятся к печати объектов 3D-принтером, при помощи которого реализуется метод послойного возведения физического объекта по его цифровой 3D-модели.

В [2] рассмотрен анализ существующих технологических решений 3D-печати в строительстве. В данной статье представлены материалы международного опыта использования и реализации технологии 3D-печати в строительстве. Выполнен анализ существующих технологических решений как российских, так и иностранных организаций, таких как *ApisCor*, *CyBe Construction*, АМТ-Спецавиа, *Contour Crafting Corp.*, *Loughborough University*, *WinSun*, *MIT MediaLab* и *DUS Architects*, *Batiprint 3D*, *BetAbram*, *StroyBot*. Отражены преимущества и недостатки всевозможных методов послойного наращивания строительных конструкций.

В [3] рассмотрена отработка рабочих параметров строительного 3D-принтера. В данной статье проведены исследования и последующая модернизация существующих 3D-технологий, используемых в строительстве. Выделено значение развития аддитивных технологий в строительной промышленности, перспективы их применения, а также влияние растущей тенденции на традиционные способы строительства и возведения конструкций, зданий и сооружений. В статье отражены основные три конструкции 3D-принтера, используемого в строительстве: принтер портального типа, кранового типа и манипулятора. Принтеры портального типа малогабаритны, тяжелы и громоздки, для их установки помимо квалифицированного персонала требуется достаточно много времени и сил, как физических, так и механических. В этом плане опережает конкурентов принтер-манипулятор, компактный и универсальный.

В [4] рассмотрены современные строительные аддитивные технологии. В статье выполнен наглядный обзор существующих строительных 3D-принтеров. Автор предоставил краткое описание отдельных моделей в процессе печати конкретных жилых объектов. Выделяется, что с применением аддитивных технологий индустриализация строительного производства переходит в новую эру. Приведены традиционные характеристики и показатели, которые сравниваются для оценки экологичности и эффективности аддитивных строительных технологий.

Список источников

1. Лунева Д. А. Применение 3D-печати в строительстве и перспективы её развития / Д. А. Лунева, Е. О. Кожевникова, С. В. Калошина // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2017. Т. 8. № 1. С. 90–101. DOI: 10.15593/2224-9826/2017.1.08.

2. Иноземцев А. С. Анализ существующих технологических решений 3D-печати в строительстве / А. С. Иноземцев, Е. В. Королев, З. Т. Куй // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. № 7 (118). С. 863–876. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.7.863-876.

3. Аржанников А. О. Отработка рабочих параметров строительного 3D-принтера / А. О. Аржанников, Р. Т. Емельянов, Е. С. Турышева // Молодой учёный. 2018. № 22 (208). С. 105–108.

4. Абрамян С. Г. Современные строительные аддитивные технологии. Ч. 1 / С. Г. Абрамян, А. Б. Илиев // Инженерный вестник Дона. 2018. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4755.

НЕРАЗРУШАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ ПЛОТНОСТИ ДОРОЖНОГО МАТЕРИАЛА ВИБРАЦИОННЫМ КАТКОМ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

П. В. Савин, студент;

С. О. Охримов, студент;

А. П. Прокопьев, канд. техн. наук, доцент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Цель работы – разработка метода обработки сигналов вибрационного процесса уплотнения для автоматизированного контроля плотности дорожного материала. Для выполнения цели использованы методы планирования эксперимента и обработки, цифровой фильтрации сигналов, анализа данных во временной и спектральной областях, технологии искусственного интеллекта. Основным результатом статьи – метод обработки сигналов системы неразрушающего контроля плотности в процессе уплотнения дорожного материала вибрационным катком, построенного на базе машинного обучения нейро-нечёткой системы типа ANFIS.

Ключевые слова: контроль плотности дорожного материала, автоматизация, вибрационный каток, планирование эксперимента, нечёткая нейронная сеть, ANFIS

Контроль качества уплотнения имеет решающее значение для строительства автомобильных дорог и объектов транспортной инфраструктуры. Традиционный контроль качества уплотнения основан на «точечных» измерениях плотности. Для автоматизации дорожных катков используются системы контроля качества уплотнения, реализующие неразрушающие технологии «интеллектуального уплотнения» (англ. *Intelligent Compaction (IC)*) и «непрерывного контроля уплотнения» (англ. *Continuous Compaction Control (CCC)*) [1; 2]. В таких системах разных фирм используются разные т. н. показатели измерения интеллектуального уплотнения (англ. *Intelligent Compaction Meter Values (ICMV)*). Предлагается усовершенствовать базовую концепцию технологий *IC/CCC* за счёт использования в качестве средства прогнозирования уплотнённости дорожного материала нечёткой нейронной сети [1].

Цель статьи – разработка метода обработки сигналов вибрационного процесса уплотнения для автоматизированного контроля плотности дорожного материала на базе нейро-нечёткой системы типа ANFIS.

Адаптивная нейро-нечёткая система вывода ANFIS является более эффективным средством для построения систем контроля и управления чем искусственные нейронные сети. Она представляет собой нечёткую продукционную сеть, обладающая возможностью параметрической оптимизации нечётких правил на основе алгоритмов обучения и использования экспериментальных данных обучающей выборки, и реализует нечёткий логический вывод типа Такаги – Сугено [3].

Недостатки существующих *IC/ССС* систем:

- поставляются только с новыми дорожными катками, используют разные показатели уплотнённости, что затрудняет сравнение результатов уплотнения с разных платформ;
- в них отсутствуют функции непрерывного вычисления и сравнения нескольких показателей измерения значения показателя уплотнённости;
- в системах не предусмотрено внесение поправок в показатели уплотнённости, учитывающие переменные полевые условия;
- результаты вычисления показателей уплотнённости зависят от случайного изменения многих факторов в процессе уплотнения материалов: структурной и температурной сегрегации, толщины слоя материала, рабочей скорости дорожного катка, уклона поверхности, температуры окружающего воздуха и т. д.

Для решения задач данного исследования предложен метод обработки сигналов, анализа и вычислительных процедур системы неразрушающего контроля уплотнения на базе машинного обучения нейро-нечёткой системы (рис. 1).

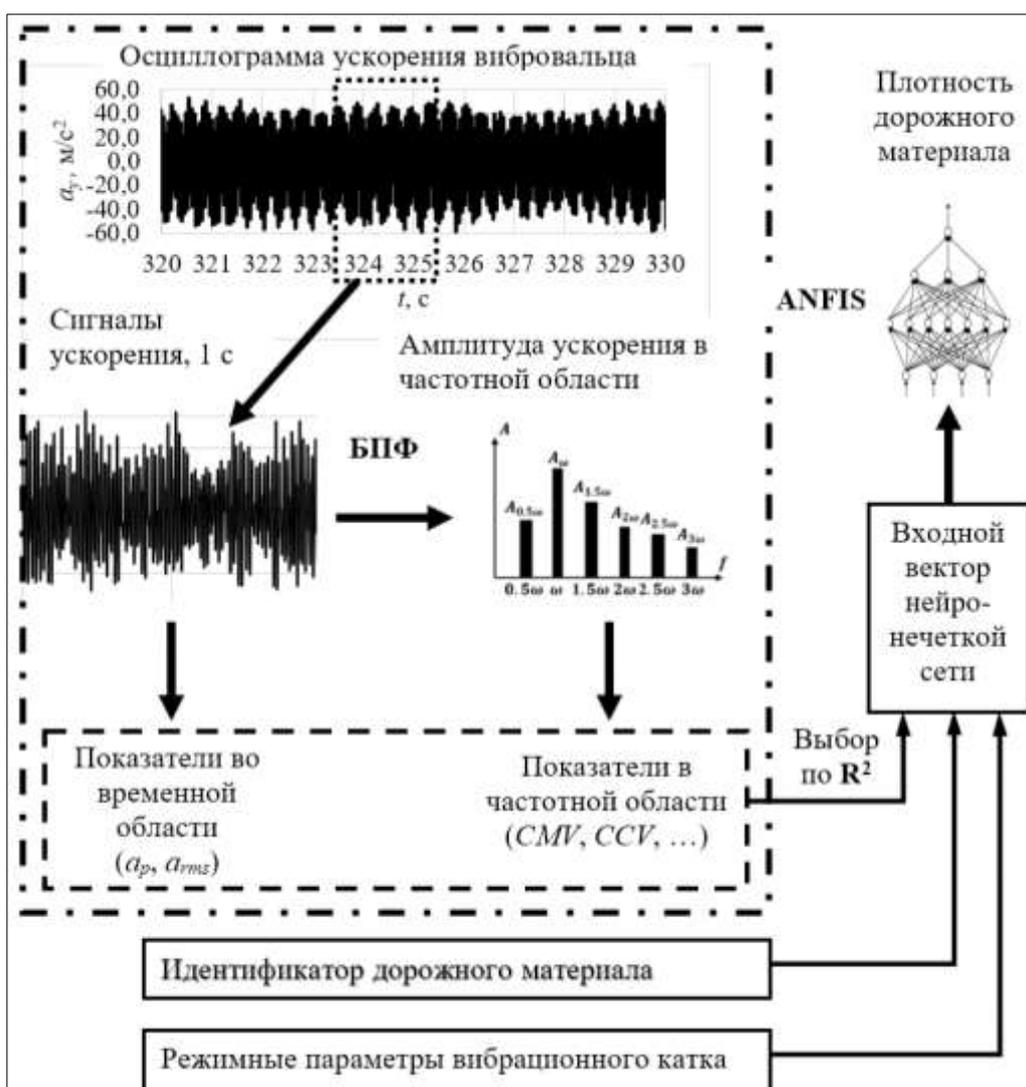


Рис. 1. Схема обработки сигналов системы неразрушающего контроля на базе машинного обучения нейро-нечёткой системы типа *ANFIS*

Этап 1. Сигналы ускорения вальца катка записываются в файл. Каждые 1 с данные сигналы поступают на обработку в дальнейшем для расчёта показателей во временной и частотной областях.

Этап 2. Обработка сигналов окна выборки с использованием цифрового фильтра с конечной импульсной характеристикой, построенного на базе весовой функции, для устранения спектральной утечки.

Этап 3. Расчёт показателей качества уплотнения АБ-смеси во временной области: максимальное абсолютное значение ускорения вальца a_p ; среднеквадратичное значение ускорения вальца a_{rms} .

Этап 4. Спектры амплитуды ускорения для каждого короткого сигнала длительностью 1 с нормализуются для отображения данных в интервале $[-1; 1]$. Определяются гармоники и субгармоники спектров вертикального ускорения вальца.

Этап 5. Расчёт показателей в частотной области, применяемых в системах *IC/ССС*.

Для разработки метода приняты следующие наиболее распространённые показатели *ICMV*s: *CMV*; *CCV*; *THD*; *MFD* [4]:

$$CMV = 300 \times \frac{A_{2f}}{A_f} ;$$

$$CCV = 100 \times \frac{A_{0,5f} + A_{1,5f} + A_{2f} + A_{2,5f} + A_{3f} + A_{3,5f} + A_{4f} + A_{4,5f} + A_{5f}}{A_f + A_{0,5f}} ;$$

$$THD = 300 \times \frac{\sqrt{A_{2f}^2 + A_{3f}^2 + \dots + A_{nf}^2}}{A_f} ;$$

$$MFD = 100 \times \frac{\sqrt{\sum_{i=0} (A_{if}^2) - A_f^2}}{A_f}, \quad i = 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3 ,$$

где $A_{0,5f}$ – амплитуда вертикального ускорения на первой субгармонике; A_f – амплитуда вертикального ускорения на фундаментальной частоте вибрации; $A_{1,5f}$, A_{2f} , $A_{2,5f}$, A_{3f} , $A_{3,5f}$, A_{4f} , $A_{4,5f}$, A_{5f} – амплитуда вертикального ускорения на гармониках высокого порядка соответственно.

Этап 6. Определение достоверности зависимостей во временной и частотной областях, выбор лучших показателей для формирования параметров входного вектора адаптивной нейро-нечёткой системы *ANFIS*.

Этап 7. Построение вариантов входных векторов системы *ANFIS*.

Этап 8. Выбор вариантов архитектуры модели нейро-нечёткой системы типа *ANFIS* для дальнейшего сравнительного анализа результатов.

Этап 9. Машинное обучение вариантов моделей *ANFIS*.

Этап 10. Тестирование вариантов моделей *ANFIS*.

Этап 11. Выбор лучшего варианта модели *ANFIS*.

Статья посвящена актуальным аспектам задачи разработки системы непрерывного контроля качества уплотнения дорожных материалов катками на базе технологий искусственного интеллекта и методов неразрушающего контроля.

Полученные в статье результаты позволяют перейти к задаче построения интеллектуальной системы контроля плотности для вибрационного катка. Эта задача имеет актуальное значение в современных условиях значительного дефицита квалифицированных кадров, острой необходимости повышения качества дорожных покрытий автомобильных дорог, производительности и снижения стоимости строительства.

Список источников

1. Jang J.-S. R. ANFIS: Adaptive Network-based Fuzzy Inference System // IEEE Transaction Systems, Man and Cybernetics. 1993. Vol. 23. No. 3. Pp. 665–684.

2. Chen S. A State-of-the-art Review of Asphalt Pavement Surface Texture and its Measurement Techniques / S. Chen, X. Liu, H. Luo et al. // Journal of Road Engineering. 2022. Vol. 2 (2). Pp. 156–180.

3. Борисов В. В. Нечёткие модели и сети / В. В. Борисов, В. В. Круглов, А. С. Федулов. М.: Гор. линия – Телеком, 2012. 284 с.

4. Sivagnanasuntharam S. In-situ Spot Test Measurements and ICMVs for Asphalt Pavement: Lack of Correlations and the Effect of Underlying Support / S. Sivagnanasuntharam, A. Sountharajah, J. Kodikara // International Journal of Pavement Engineering. 2023. Vol. 24. No. 1. P. 2 198 770.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Т. Н. Сеницкая, магистрант

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. Целью работы является рассмотрение, анализ и обобщение современного опыта проектирования и строительства линейных объектов, в частности объектов наружного освещения, распространённого в Санкт-Петербурге. Проведён анализ существующих проектных решений по реконструкции электрических сетей и устройств наружного освещения, выявлены особенности организационно-технологических решений, определены негативные факторы, влияющие на них.

Ключевые слова: проектирование, линейный объект, строительство, реконструкция, наружное освещение, организационно-технологические решения

Санкт-Петербург исторически считается городом фонарей, ещё его называют световой столицей России. Так сложилось, что именно в Санкт-Петербурге зародилось первое регулярное уличное освещение. Датируется событие осенью 1723 г., когда на Невском пр. были установлены масляные фонари.

Сегодня система наружного освещения Санкт-Петербурга представлена не только магистралями и улицами, а также архитектурно-художественной подсветкой. Особое внимание уделяется масштабной работе по устройству освещения городских кварталов. Здесь освещаются и внутриквартальные проезды, и детские спортивные площадки, территории медицинских и образовательных учреждений, парков, садов и скверов, перекрестков, остановок и пешеходных переходов. И всё это с использованием современных технологий. Санкт-Петербург проводит замену традиционных натриевых светильников на светодиодные – они показали себя как более долговечные и с высокой энергоэффективностью.

Устройство наружного освещения, а вместе с тем строительство, реконструкция или капитальный ремонт электрических сетей, по ряду характеристик относится к линейному проектированию.

Проектирование наружного освещения, как правило, ведётся в одну стадию и, как и проектирование объектов капитального строительства, происходит в несколько этапов, где наряду с получением технического задания, сбора исходно-разрешительной документации и выполнения инженерных изысканий, проектная организация проводит технико-экономическое обоснование принятых решений и используемых материалов и оборудования.

Состав проектной документации регламентируется Постановлением Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 и содержит только 10 разделов. Полная характеристика объекта и специфика принятых организационно-технологических решений представлены в разделах «Технологические и конструктивные решения линейного объекта. Искусственные сооружения» и «Проект организации строительства».

Если рассматривать территорию Санкт-Петербурга в целом как объект реконструкции электрических сетей и устройств наружного освещения, можно выделить ряд особенностей и факторов, влияющих на проектные решения.

Предвосхищая дальнейшие организационно-технологические решения, проектная организация проводит подробный светотехнический расчёт на всём участке проектирования. Это специфическая работа для линейных объектов. Результаты такого светотехнического расчёта определяют выбор количества, типа и мощности светильников, места, высоты и шага установки светильников. В расчёте присутствуют такие параметры, как средняя яркость дорожного покрытия, тротуаров и переходных переходов, общая равномерность яркости, продольная равномерность яркости, средняя освещённость дорожного покрытия, тротуаров и переходных переходов, равномерность освещённости, пороговое приращение яркости.

К неблагоприятным факторам относятся: плотность городской застройки, наличие разветвлённой сети существующих инженерных коммуникаций, наличие охранных зон инженерных сетей и метрополитена, необходимость получения разрешений и согласований с собственниками земельных участков и эксплуатирующими организациями, необходимость увязки проектных решений по смежным объектам, отсутствие строительных площадок с мобильными зданиями и ограждениями, площадок для хранения материалов – складирование материалов на проезжей части, газонах и тротуаре не допускается, все материалы подвозятся на бортовой машине из расчёта на один день работы, зачастую организована работа «с колёс», а также проведение внутриплощадочных специальных работ по подготовке искусственных оснований (например, водопонижение).

Особенностью проектирования является сама городская среда. Если же проектируемая линии наружного освещения прокладывается в благоустроенной зоне, высока вероятность пересечения существующих автомобильных дорог, железной дороги или железнодорожных сооружений, например, мостов. Пересечение имеющихся дорог осуществляется закрытым способом, методом горизонтально-направленного бурения (далее – ГНБ). Причём в зависимости от сложности трассы на одном объекте может быть около 20 таких ГНБ-переходов, что значительно увеличивает сметную стоимость строительства объекта. Пересечение железнодорожного моста осуществляется по воздуху под мостовым полотном.

Одним из факторов, влияющих на технологические и конструктивные решения, является действующая федеральная программа «Чистое небо». Это программа по замене подвесных проводов на прокладку в земле

с целью создания эстетичной и комфортной городской среды, т. е. суть программы – это небо без проводов. В связи с чем при выборе способа устройства кабельной линии приоритет отдаётся подземной прокладке.

Однако использование только подземной прокладки КЛ на всей протяжённости трассы часто невозможно. Тогда на небольших участках трассы по согласованию с заказчиком выполняют воздушную прокладку электрических сетей.

Среди природно-климатических к неблагоприятным факторам, характерным для Санкт-Петербурга, относится такой показатель, как пучинистый грунт, а также коррозионные свойства грунтов и грунтовых вод, высокое положение уровня грунтовых вод, наличие в разрезе грунтов с низкими прочностными и деформационными характеристиками. В связи с тем, что по результатам инженерно-экологических изысканий почва в районе выполнения работ на глубине 0,0–3,0 м может относиться к категории «чрезвычайно опасная» и «опасная» по содержанию бенз(а)пирена и мышьяка, то обратная засыпка котлованов и траншей в зоне газонов, набивных и асфальтобетонных покрытий осуществляется песком, с послойным уплотнением, а излишки вынутого грунта необходимо вывозить на полигон ТБО.

Аккумулируя перечисленные факторы, опираясь на характеристику трассы и объёмы работ, а также учитывая тот факт, что все проектные решения, в т. ч. организационно-технологические, направлены на максимальное сокращение неудобств, причиняемых во время производства работ населению, препятствующих движению пешеходов и автомобильного транспорта, можно сказать, что при выборе метода производства работ наиболее оправданно выполнять работы комплексными бригадами поточным методом. Данный метод позволяет разбить трассы на захватки и выполнять строительные работы без перерывов и простоев. Равномерно используя ресурсы и производственные мощности, применяя современные материалы, при максимальном использовании средств механизации.

Подготовительный, основной и заключительный период производства работ в зависимости от протяжённости трассы занимают в среднем от 2 мес.

Список источников

1. Градостроительный кодекс РФ № 190-ФЗ от 29.12.2004 (ред. от 08.08.2024).
2. О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию: Постановление Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 (ред. от 06.05.2024).
3. Ленсвет. URL: lensvet.spb.ru.
4. Администрация Санкт-Петербурга. URL: gov.spb.ru/press.

ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ СТАРОГО И НОВОГО БЕТОНА ПРИ УСИЛЕНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЕТОНИРОВАНИЕМ

А. В. Сосновская, магистр

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. В статье рассматривается значимость бетона как основного строительного материала, а также проблемы, связанные с усилением несущих железобетонных конструкций при их физическом износе, изменениях нагрузок и дефектах. Основное внимание уделяется методу обетонирования, который используется для повышения прочности и улучшения эксплуатационных характеристик конструкций. Описываются ключевые аспекты, влияющие на эффективность совместной работы старого и нового бетонов, включая подготовку поверхности, использование адгезионных слоёв, проектирование и применение анкеров. Также поднимаются актуальные вопросы, такие как недостаток исследований, сложности в подборе новых бетонов, отсутствие стандартизации и необходимость качественного контроля процессов. Статья подчёркивает важность дальнейших исследований в данной области для разработки эффективных методов усиления и обеспечения надёжности железобетонных конструкций.

Ключевые слова: *обетонирование, железобетонные конструкции, усиление железобетонных конструкций, старый бетон, новый бетон, повышение прочности*

Бетон – это универсальный и незаменимый материал, который широко используется в строительстве. Ежегодно в мире производится более 10 млрд т этого материала [1]. Необходимость в усилении несущих строительных конструкций возникает в ходе строительства и реконструкции жилых и общественных зданий по причине физического износа конструкций в результате интенсивной или длительной их эксплуатации; изменение эксплуатационной нагрузки, связанное с увеличением нагрузки на железобетонную конструкцию; дефекты, возникшие в результате неправильной эксплуатации сооружения или в результате ошибок проектирования, монтажа и транспортировки железобетонных элементов [2].

Одним из основных методов повышения прочности железобетонных конструкций при увеличении нагрузки или повреждении, а также для улучшения эксплуатационных характеристик является обетонирование [3]. Этот метод заключается в нанесении дополнительного слоя бетона на существующую конструкцию.

При увеличении несущей способности старых конструкций с использованием нового бетона необходимо учитывать несколько факторов, чтобы обеспечить эффективное взаимодействие между двумя материалами. В данном случае обеспечение надёжной совместной работы старого и нового бетона является актуальной темой в области строительной механики

и технологий. Под совместной работой бетонов понимается совместимость материалов по параметру прочности.

Исследования в этой области [4–7] показывают, что для решения данной задачи необходимо учитывать как физические, так и химические свойства материалов. Новый бетон должен подбираться с учётом его свойств, таких как прочность, модуль упругости, усадка и т. д.

Для обеспечения совместной работы старого и нового бетона требуются специальные методы и технологии, обеспечивающие прочное и долговечное соединение. Основными аспектами при решении данного вопроса являются следующие.

1. Подготовка поверхности старого бетона. Для обеспечения должного сцепления между старым и новым бетоном важно оценить состояние старого бетона, и подготовить его поверхность для наращивания нового слоя. Подготовка включает: механическую обработку, очистку от загрязнений, пыли и остатков старых материалов. Используются такие методы, как дробеструйная или пескоструйная обработка, интенсивная механическая скарификация.

Пескоструйная обработка эффективна, если необходимо окрасить металлическое изделие. Она позволяет придавать поверхности шероховатость для более сильного сцепления металла и защитного покрытия, однако во время работ образуется пыль, которая может быть опасна для здоровья работников.

Дробеструйная обработка предпочтительнее, когда нужно продлить срок эксплуатации металлической поверхности. Она обеспечивает высокое качество очистки, в т. ч. в труднодоступных местах, и создаёт в верхних слоях металла напряжение, повышающее сопротивляемость поверхности влиянию внешней среды.

2. Использование адгезионных слоёв, а также добавок. Применение специальных адгезионных смесей или грунтовок позволяет улучшить сцепление между слоями бетона. Это особенно важно, если старый бетон имеет гладкую поверхность. Материалы для крепления нового бетона к существующим поверхностям наносят с помощью кисти, валика, зубчатого шпателя, скребка. В случае значительной площади используются распылители в зависимости от характера поверхности, размера участка и графика укладки бетона.

В настоящее время существует множество адгезионных добавок, которые применяются в зависимости от типа и назначения конструкции, – например, добавки на основе латекса используются в ремонтных составах для участков сброса воды на гидроэлектростанциях.

3. Проектирование. Должное внимание уделяется конструктивному проектированию при обетонировании. Важным показателем является нагрузка, которую будет испытывать конструкция. Предпочтительно равномерное распределение нагрузки между старым и новым бетоном. После проведения работ по заливке нового слоя существует необходимость поддержания необходимой влажности и температуры для обеспечения нор-

мального процесса гидратации. Проведение испытаний на прочность и адгезию между слоями бетонов гарантирует надежную работу конструкции.

4. Применение анкеров для обеспечения совместной работы старого и нового бетонов позволяют выполнить задачу по эффективной передаче нагрузки между различными слоями бетона.

На данный момент существуют вопросы при исследовании обеспечения совместной работы старого и нового бетона при усилении железобетонных конструкций обетонированием.

1. Недостаточное количество исследований и практического опыта в данной области. Отсутствие достаточной базы данных и опыта затрудняет разработку эффективных методов и технологий для обеспечения совместной работы старого и нового бетона.

2. Сложности в подборе оптимальных составов нового бетона, которые обеспечат надёжное сцепление с уже существующим бетоном.

3. Недостаточная стандартизация и регулирование процесса усиления железобетонных конструкций обетонированием. Отсутствие чётких норм и правил затрудняет разработку единых методов и подходов к данной теме.

4. Трудности в обеспечении качественного контроля за процессом обетонирования и результатами усиления конструкций. Необходимость внедрения современных методов контроля и диагностики для обеспечения надежности и долговечности усиленных конструкций.

5. Экономические и технические ограничения, которые могут затруднять широкое применение методов усиления железобетонных конструкций обетонированием. Необходимость проведения дополнительных исследований и анализа эффективности использования данного метода.

В целом проблема обеспечения совместной работы старого и нового бетона при усилении железобетонных конструкций обетонированием продолжает оставаться актуальной и требует дальнейших исследований в области использования адгезионных слоев и добавок, а также механических способов обеспечения совместной работы старого и нового бетона (использование анкеров или связывающих арматур), особенно в случае работы железобетонных конструкций под нагрузкой.

Список источников

1. Горемыкин Е. Р. Характеристика производства бетонной смеси и изделий из бетона // Дневник науки. 2020. № 12. С. 21–21.

2. Бадьин Г. М. Усиление строительных конструкций при реконструкции и капитальном ремонте зданий / Г. М. Бадьин, Н. В. Таничева. М.: АСВ, 2010.

3. Куракова О. А. Бетонирование монолитных конструкций и оптимизация решений интенсификации твердения бетона // Экономика и предпринимательство. 2018. № 4. С. 1 215–1 217.

4. Белуцкий И. Ю. Учёт совместной работы арматуры и бетона при оценке напряжённого состояния бетона стенок балок по главным

площадкам / И. Ю. Белуцкий, И. В. Лазарев // Вестник ТОГУ. 2016. № 1. С. 37–44.

5. Khalid Heiza A. N. State-of-the-art Review: Strengthening of Reinforced Concrete Structures-different Strengthening Techniques / A. N. Khalid Heiza, N. Meleka, M. Tayel // 6th International Conference on Nano-Technology in Construction. 2014. Vol. 6. No. 6-C. Pp. 22–24.

6. Бурдакова А. В. Способы усиления железобетонных конструкций / А. В. Бурдакова, М. Б. Пермяков // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2013. Т. 2. № 71. С. 220–223.

7. Belarbi A. FRP Systems in Shear Strengthening of Reinforced Concrete Structures / A. Belarbi, B. Acun // Procedia Engineering. 2013. Vol. 57. Pp. 2–8.

8. Хамидулина Д. Д. Обеспечение совместной работы нового и старого бетона / Д. Д. Хамидулина, С. А. Некрасова // Современные достижения университетских научных школ. 2023. С. 97–101.

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЗАЦИИ ШТУКАТУРНЫХ РАБОТ НА СОКРАЩЕНИЕ СРОКОВ ПРОИЗВОДСТВА ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ

С. Е. Степанов, студент

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. Статья посвящена оценке влияния механизации штукатурных работ на срок выполнения отделочных работ. Рассматриваются и анализируются существующие способы нанесения гипсовых штукатурных покрытий, а также приводятся конкурентные преимущества современных механизированных способов проведения штукатурных работ с использованием специализированной строительной техники. Объектом для проведения анализа является гостиничный комплекс. В результате произведённого анализа разработано предложение по комплексному использованию механизированных способов, направленное на оптимизацию сроков выполнения штукатурных работ с использованием гипсовых смесей.

Ключевые слова: *методы оштукатуривания, гипсовые смеси, механизация, штукатурная станция, мобильный силос, штукатурный полуавтоматический робот*

На строительном рынке сегодня происходит автоматизация процессов, а значит, наблюдается развитие в сторону оптимизации расходования ресурсов и снижения трудозатрат. Кроме того, в отрасли стабильно наблюдается дефицит квалифицированной рабочей силы, что становится отправной точкой для внедрения высоких технологий в качестве помощи и ускорения процесса на любом этапе строительства от проектирования до отделочных работ на объекте.

Использование при строительстве механизированной системы подачи сухих смесей пришло в Россию из Европы, в настоящий момент имеет распространение по всему миру. На сегодняшний день одной из наиболее востребованных штукатурных смесей для внутренней отделки является гипсовая. Это экологически чистый, гипоаллергенный строительный материал, который состоит из гипса, минеральных добавок, а также полимерных компонентов. Гипсовый состав применяется для оштукатуривания стен и потолка из кирпича, обычного и ячеистого бетона, ПГП, но важно отметить климатическое условие эксплуатации помещения – отопление, низкий уровень влажности. Гипсовые смеси для ручного и механизированного нанесения с использованием специальных станций, машин или пневмоинструмента могут отличаться по составу, а именно добавками для замеса, однако общие физические и химические свойства идентичны.

Рассмотрено с точки зрения экономической целесообразности использование в процессе оштукатуривания следующих инструментов механизации:

- штукатурная станция;
- мобильный силос;
- полуавтоматический робот.

Преимущества механизированного способа проведения внутренних работ с помощью штукатурной станции по сравнению с ручным методом:

- сокращение времени проведения отделочных работ (кроме того, машинное нанесение требует только один слой);
- устранение дефектов, неровностей стен;
- отсутствие усадки, т. к. формирующийся микроклимат регулирует влажность помещения;
- оптимизация трудозатрат при оштукатуривании и повышение качества отделочных работ благодаря эффективному использованию трудовых ресурсов;
- расходование материала контролируется, минимизация погрешности в расчётах при постоянном объёме потребления у машины.

Мобильный силос представляет собой специализированное устройство, оборудованное загрузочным и разгрузочным отверстиями. На заводе в него загружается смесь, после чего он транспортируется грузовым транспортом на строительный объект, устанавливается на объекте. Силос вмещает в себя в районе 20 т штукатурного раствора и выполняет функцию подачи смеси напрямую в станцию благодаря пневматическому усилителю, что, в свою очередь, освобождает бригаду от ручного подъёма мешков.

Также был рассмотрен метод использования полуавтоматического робота для нанесения штукатурки. Главная функция данного оборудования – это выравнивание стен. Преимущества и недостатки рассмотрены в табл. 1.

В работе рассмотрен инновационный метод механизации на примере полуавтоматического робота *Fast Walls* от *VV Technologies*, это оборудование используется для выравнивания стен. С 2023 г. стали возможны поставки в Россию. На рынке представлено несколько комплектаций данной модели. Общие характеристики:

- стабильно высокое качество с перепадом не больше 1 мм на объём в 3 000 м²;
- результат выравнивания – под шпатлёвку, дополнительные работы после обработки не потребуются;
- вес головной части – 100 кг, рельсовая система – 140 кг;
- срок поставки – от 6 до 8 мес., в т. ч. расходников.

Характеристики базовой комплектации: производительность 200–250 м² за 8-часовую смену, требуется 2 рабочих, цена – 2,5 млн руб. Характеристики максимальной комплектации: производительность 300–400 м² за 8-часовую смену, требуется 3 рабочих, цена – 3,5 млн руб. В анализ включена базовая комплектация.

Таблица 1

Сравнительный анализ полуавтоматического робота-штукатура

Преимущества	Недостатки
Потребуется меньше штукатуров в бригаде или возможно перераспределение труда	Требуется специалист для обслуживания, полная чистка после каждого цикла работы (высыхание смеси влечёт за собой полную разборку робота) – затраты на обслуживание
Увеличивается производительность труда (до 500 м ² в смену)	Потребуется больше времени на высыхание, т. е. на небольшом объекте будет простой – нерациональное использование трудовых ресурсов
Возможно подведение автоматической подачи смеси в бак робота (зависит от модификации устройства), человек выполняет только контролирующую функцию	Окупаются за 10 тыс. м ² , а также понадобится 6–8-мес. ожидание поставки/расходников, т. е. робот нерентабелен при небольших объёмах работ
Отрасль разработки и внедрения автономного оборудования быстро развивается и на рынке появляются всё более совершенные модели	Невозможно использование для стен выше 3–5 м, а также обязательна ровная поверхность для установки (для лестничных проёмов понадобится ручной труд)

Таблица 2

Сравнительный анализ

Тип тары	Мешки			Силос	
	Вручную	Станция	Робот + станция	Станция	Робот + станция
Способ нанесения					
Объём работы, м ²	70 200				
Численность бригады, чел.	4			2	
– штукатуры	2			2	
– подсобные рабочие	2			0	
Производительность бригады в смену, м ²	75	135	180	240	380
Срок выполнения работы, мес.	31,2	17,4	13	9,8	6,2

Площадь рассматриваемого объекта составляет 70 200 м², это гостиничный комплекс, который расположен в Санкт-Петербурге. По результатам проведённого анализа (табл. 2), оптимальным решением для выполнения работ по оштукатуриванию является комплексная механизация, а именно использование штукатурной станции, робота полуавтомата и мобильного силоса. Такое сочетание позволяет достичь максимально высокого показателя эффективности по трудозатратам и срокам выполнения штукатурных работ.

Список источников

1. Руденко А. А. Методические противоречия в повышении организационно-технологической надёжности строительства / А. А. Руденко, А. А. Р. А. Аль-Мсари // Петербургская школа поточной организации строительства: матер. 2-й междунар. НПК. СПб., 2023. С. 12–19.
2. Руденко А. А. Регрессионный анализ и моделирование эффективности строительно-монтажных работ в условиях Севера / А. А. Руденко, О. Е. Куренкова // Жилищное строительство. 2024. № 1–2. С. 93–100.
3. Сират Д. Кластеризация и многофакторность в анализе производственных структур строительных компаний / Д. Сират, А. А. Руденко // Научные труды КубГТУ. 2023. № 6. С. 16–26.
4. Гумерова Э. И. Способы производства штукатурных работ / Э. И. Гумерова, О. С. Гамаюнова // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 7 (46). С. 8–13.
5. Чередниченко Т. Ф. Совершенствование современных технологий производства штукатурных работ / Т. Ф. Чередниченко, М. У. Мамиргов // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2020. № 4 (81). С. 274–280.

ПРОВЕДЕНИЕ УСКОРЕННЫХ КОНТРОЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ СВАЙ СТАТИЧЕСКИМИ ВДАВЛИВАЮЩИМИ НАГРУЗКАМИ

А. А. Тарасов, канд. техн. наук;

И. В. Тарасов, студент;

А. Д. Третьяков, студент

Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Россия

Аннотация. В статье приведены результаты параллельных контрольных испытаний свай статическими нагрузками, выполненные по стандартной (ГОСТ) и предлагаемой ускоренной методике; описываются методики проведения ускоренных испытаний; приведены результаты сопоставления полученных данных.

Ключевые слова: *испытания свай, статический метод испытаний свай, контроль несущей способности свай, динамические испытания, инженерные изыскания*

В отечественной практике проектирования и устройства свайных фундаментов для определения и контроля несущей способности широко применяются полевые испытания свай. При этом следует чётко различать испытания, направленных на получение фактической несущей способности сваи по грунту и контрольные испытания свай, целью которых является контроль обеспечения несущей способности [4], а фактическое значение предельной нагрузки, приводящее к «срыву», в подавляющем большинстве не определяется [2; 3].

Далее в статье речь идёт именно о контрольных испытаниях свай, выполняемых перед массовым погружением. Использование предлагаемой методики для испытаний грунтов сваями в рамках инженерных изысканий с целью получения величины их несущей способности авторами не предусматривается.

В Томской обл. наиболее часто применяют два метода: статическими и вдавливающими нагрузками и динамические испытания. Статические испытания позволяют получить более точные результаты, но требуют больше времени и усилий на их подготовку и проведение. Суммарная продолжительность одного испытания в геологических условиях Томска может достигать 4 сут., что приводит к задержке массового погружения свай вплоть до 1–2 мес. [4]. Динамические испытания отличаются короткими сроками проведения и меньшими трудозатратами. Однако их достоверность ниже, чем при статических испытаниях [5], что отражается и в значении коэффициента надёжности по грунту $\gamma_{c,g} = 1,4$. Кроме того, динамический метод испытаний связан с вибрационными и шумовыми воздействиями на окружающую среду и застройку, что существенно ограничивает возможность его применения в городских условиях.

Для оптимизации существующей методики контрольных статических испытаний авторами было предложено исключить выдерживание свай до стабилизации на промежуточных ступенях испытаний, сохранив время выдержки на последней ступени – до стабилизации, но не менее 5 ч.

Для проверки возможности использования такого подхода была проведена серия параллельных испытаний свай по методике ГОСТ 5 686 [1] и по предлагаемой ускоренной. Исследование проводилось на трёх разных площадках строительства в Томске, сложенных преимущественно глинистыми грунтами различной консистенции. При проведении испытаний использовались железобетонные призматические сваи заводского изготовления сечением 30×30 см и длиной 7–12 м.

Инженерно-геологические условия площадок строительства представлены следующими грунтами (рис. 1).

Площадка № 1: ИГЭ 1 – насыпные грунты; ИГЭ 2 – супеси пылеватые твёрдые коричневые с примесью органических веществ ожелезненные; ИГЭ 3 – суглинки лёгкие пылеватые мягкопластичные коричневые с примесью органических веществ ожелезненные с прослоями суглинка тугопластичного; ИГЭ 4 – супеси песчанистые пластичные коричневые с прослоями песка пылеватого, суглинка; ИГЭ 5 – пески мелкие плотные коричневые маловлажные с прослоями супеси пластичной; ИГЭ 6 – супеси песчанистые твёрдые коричневые с прослоями песка; ИГЭ 7 – суглинки лёгкие пылеватые мягкопластичные коричневые с примесью органических веществ ожелезненные с прослоями суглинка тугопластичного; ИГЭ 8 – супеси песчанистые текучие коричневые с прослоями песка разной крупности; ИГЭ 9 – пески мелкие плотные неоднородные бурые насыщенные водой с гравием до 10 %; ИГЭ 10 – суглинки лёгкие пылеватые твёрдые белые с прослоями суглинка полутвёрдого.

Площадка № 2: ИГЭ 1 – техногенный грунт; ИГЭ 2 – суглинок аллювиальный тяжёлый мягкопластичный; ИГЭ 3 – суглинок аллювиальный лёгкий тугопластичный; ИГЭ 4 – суглинок аллювиальный тяжёлый полутвёрдой консистенции; ИГЭ 5 – супесь аллювиальная текучая.

Площадка № 3: ИГЭ 1 – насыпные грунты; ИГЭ 2 – суглинок лёгкий мягкопластичный; ИГЭ 3 – суглинок лёгкий текучепластичный; ИГЭ 4 – супесь песчанистая текучая; ИГЭ 5 – суглинок лёгкий тугопластичный; ИГЭ 6 – гравийно-песчаный грунт.

Методика проведения стандартных статических испытаний применялась в строгом соответствии с ГОСТ 5 686 [1]. Ускоренные испытания выполнялись в следующей последовательности:

- нагрузка на сваи увеличивалась равномерно, ступенями с шагом 1/10 от максимальной заданной нагрузки программой испытаний;
- снятия показаний «осадка – нагрузка» производились после каждой ступени нагрузки, как при стандартных испытаниях, но в отличие от ГОСТ 5 686 [1] выдержка на промежуточных ступенях не выполнялась;

– при достижении максимальной нагрузки заданной программой испытаний сваи выдерживались под нагрузкой до условной стабилизации, но не менее 5 ч; за критерий условной стабилизации деформации принималась осадка сваи на данной ступени нагружения, не превышающей 0,1 мм за последние 60 или 120 мин наблюдений в зависимости от типа грунтов под нижним концом свай;

– разгрузка свай выполнялась с шагом, равным удвоенным ступеням нагружения, без промежуточной стабилизации деформаций; после снижения нагрузки до нуля наблюдения за деформациями продолжались в течение 1 ч со снятием показаний через каждые 15 мин.

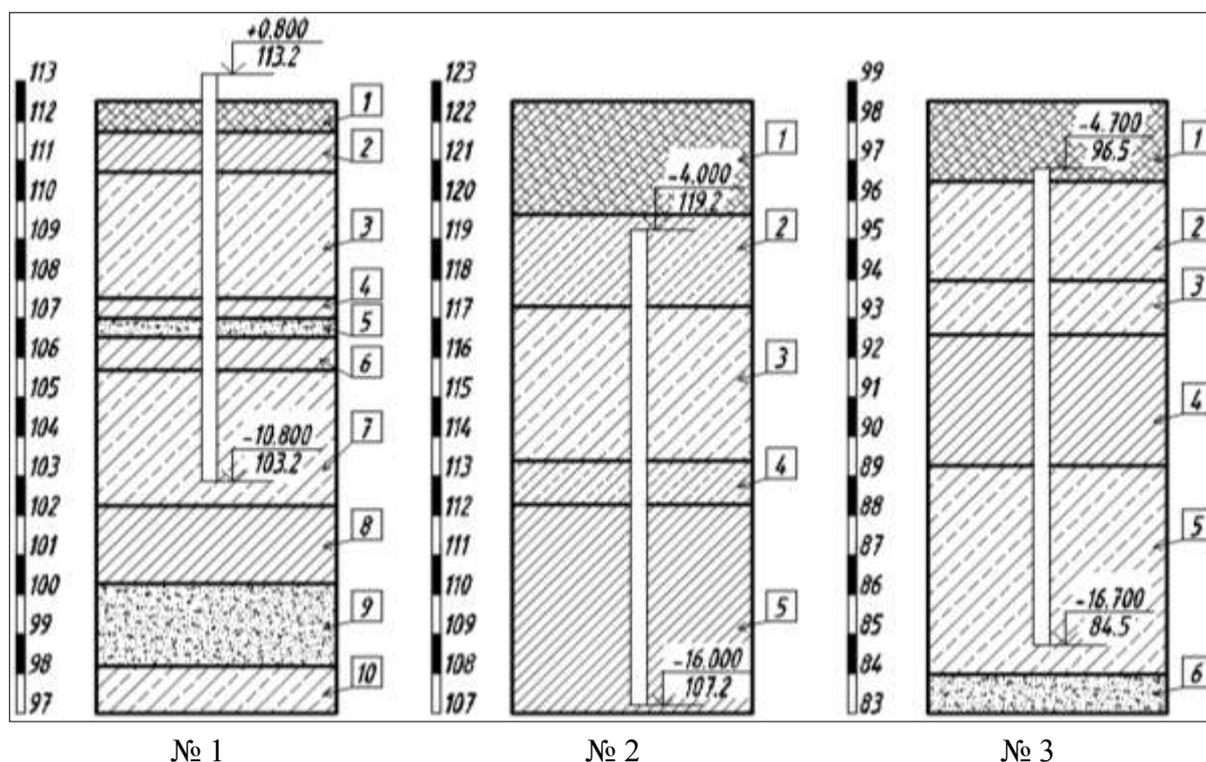


Рис. 1. Инженерно-геологический разрез экспериментальных площадок

В результате выполненных исследований были получены данные по осадкам свай по методике ГОСТ $S_{\text{ГОСТ}}$ и ускоренной методике $S_{\text{уск}}$, построены графики зависимости осадки от времени $S(t)$ и осадки от нагрузки $S(N)$. Характерные графики испытаний, полученные для различных площадок, приведены на рис. 2–4, обобщённые результаты испытаний – в табл. 1.

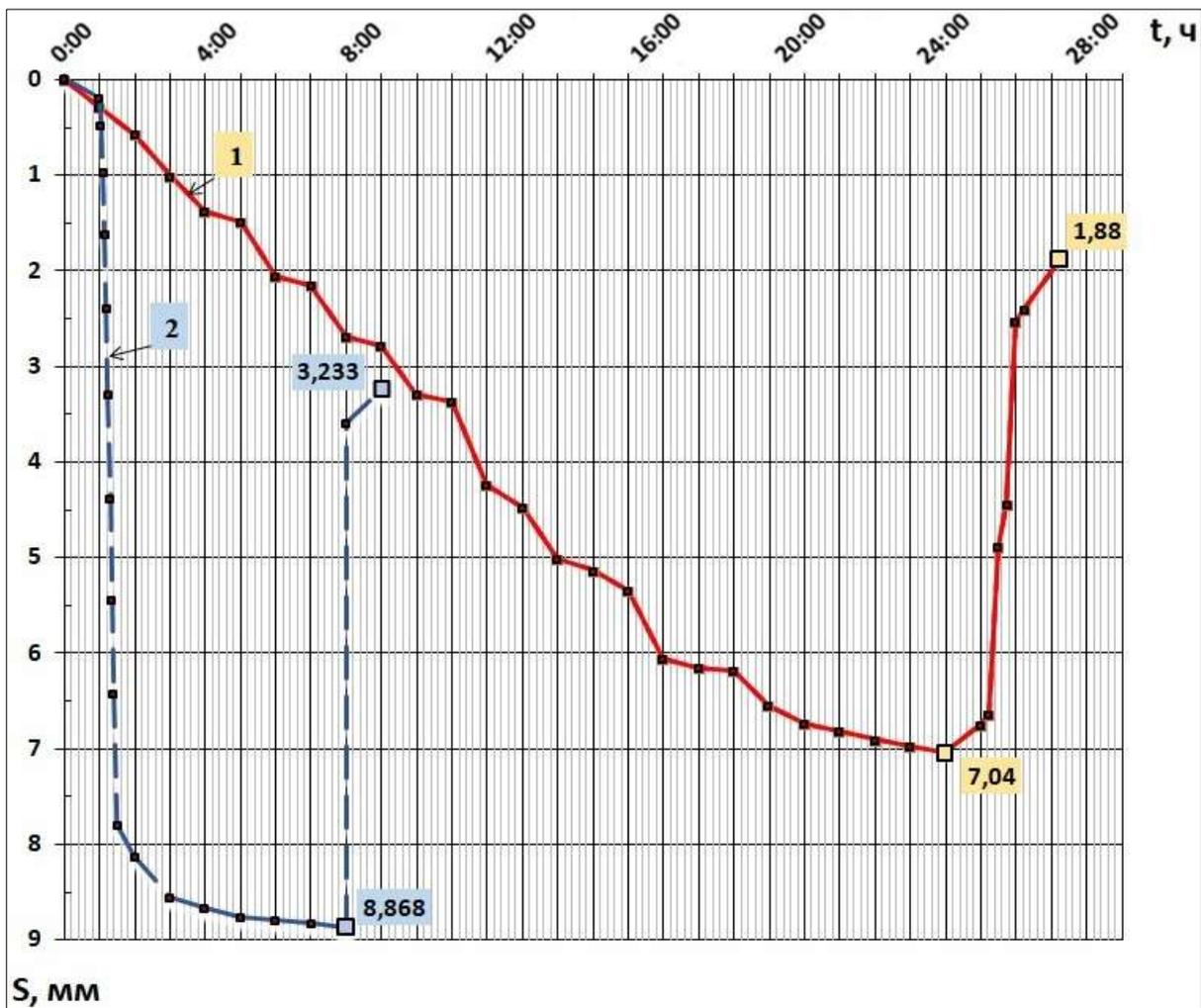


Рис. 2. Характерные графики зависимости изменения осадки во времени $S(t)$, полученные на площадке № 1 по методике ГОСТ (1) и по ускоренной методике (2)

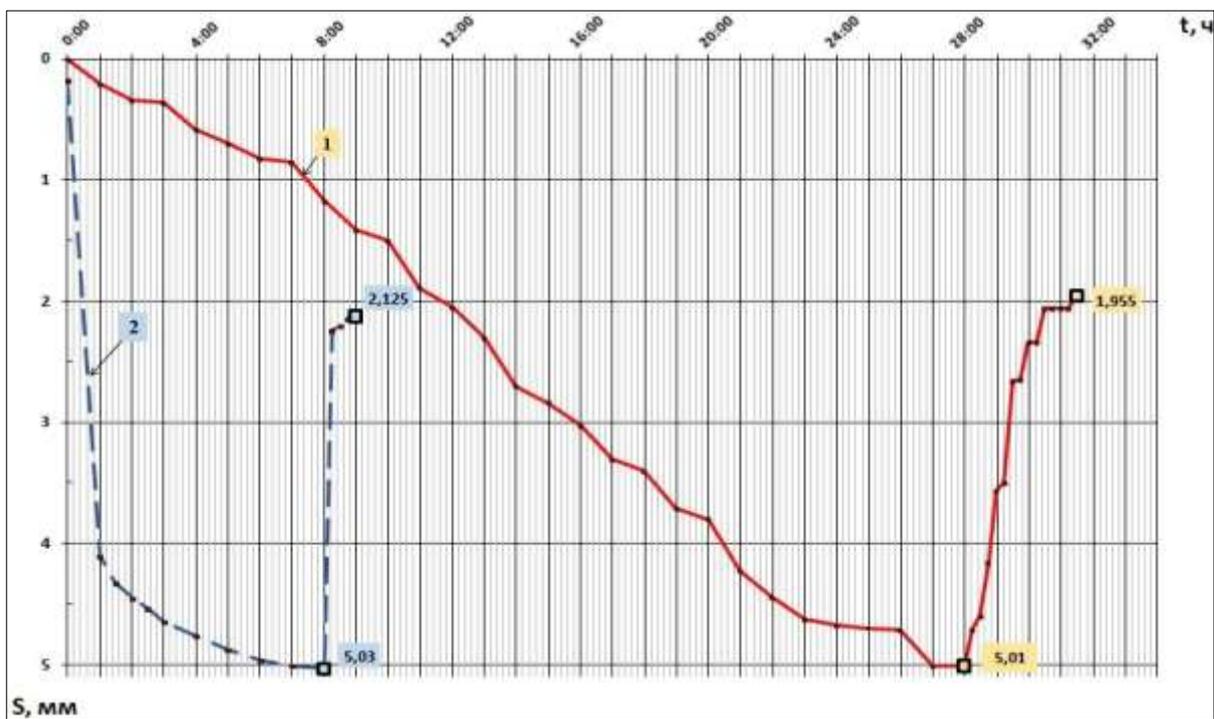


Рис. 3. Характерные графики зависимости изменения осадки во времени $S(t)$, полученные на площадке № 2 по методике ГОСТ (1) и по ускоренной методике (2)

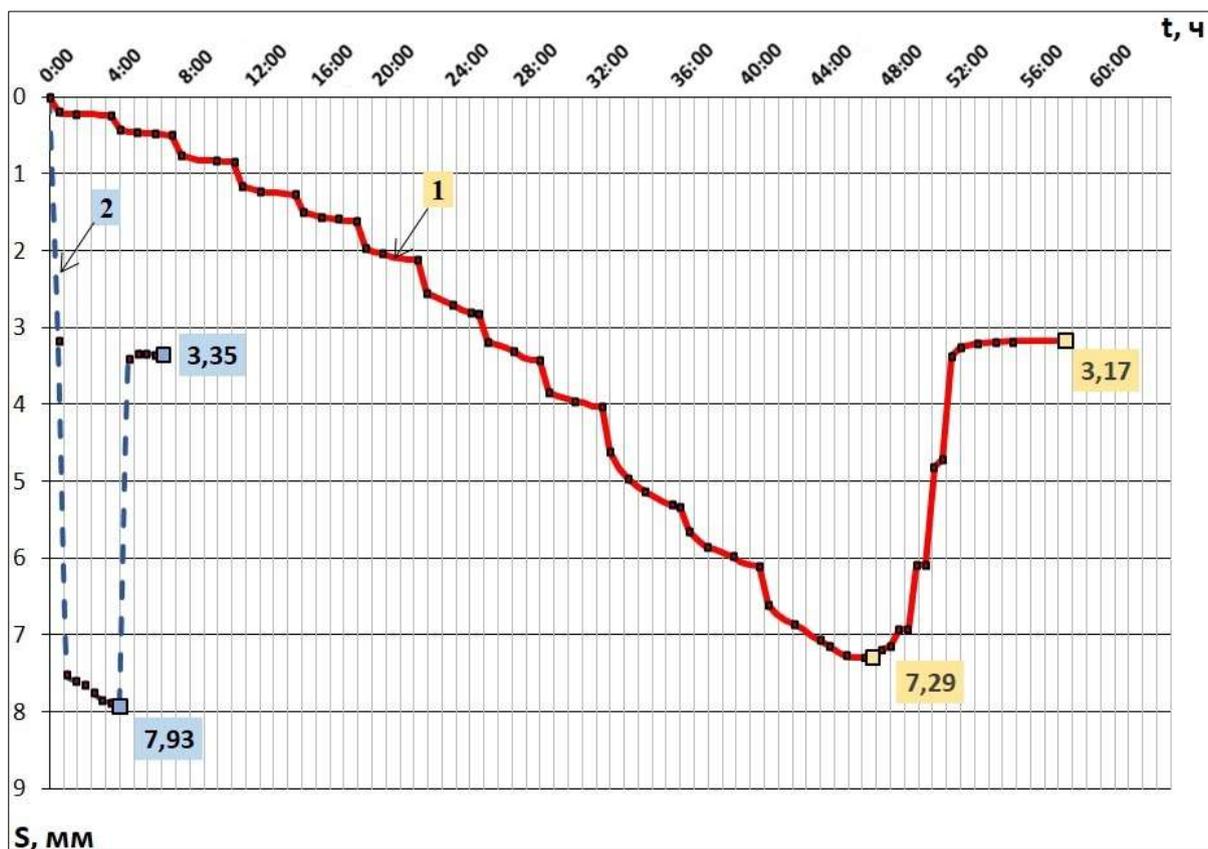


Рис. 4. Характерные графики зависимости изменения осадки во времени $S(t)$, полученные на площадке № 3 по методике ГОСТ (1) и по ускоренной методике (2)

Таблица 1

Результаты испытаний свай по ускоренной методике и ГОСТ 5 686

Метод испытаний	Марка свай	Длина свай в грунте (м)	Нагрузка на сваю N_{\max} (кН)	Стабилизированная осадка свай S (мм)	Длительность испытания t (ч)
Площадка № 1					
ГОСТ	C1	10	1 000	7,04	25
Ускоренный	C2			8,87	8
Площадка № 2					
ГОСТ	C1	12	660	5,01	31
Ускоренный	C2			5,03	9
Площадка № 3					
ГОСТ	C1	12	720	7,29	58
Ускоренный	C2			7,93	7

Выводы. В результате выполненных исследований установлено, что осадка свай в рассматриваемых инженерно-геологических условиях при ускоренных испытаниях больше, чем осадки свай при испытаниях по ГОСТ 5 686 [1], в среднем на 13 %, что допустимо, т. к. идёт в запас несущей способности, при этом время, затраченное на проведение ускоренных испытаний, сокращается на 70–80 % и в среднем составляет 9 ч по сравнению с 35 ч при стандартных испытаниях.

Таким образом, проведение контрольных испытаний свай по предлагаемой методике (при её успешном дополнительном обосновании в других грунтовых условиях) позволит существенно сократить общее время на проведение испытаний, тем самым ускорив общие темпы выполнения «нулевого цикла работ» на объекте при сохранении требуемой точности и надёжности.

Список источников

1. ГОСТ 5 686-2020. Грунты. Методы полевых испытаний сваями. М.: Стандартиформ, 2020. 53 с.
2. Ющубе С. В. Контроль несущей способности свай, погружаемых вдавливанием в глинистые грунты / С. В. Ющубе, В. А. Сулима // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 5. С. 105–110.
3. Ющубе С. В. Экспериментальные исследования взаимодействия свай с водонасыщенным глинистым грунтом при их погружении вдавливанием / С. В. Ющубе, А. А. Тарасов, В. А. Сулима // Вестник ТГАСУ. 2016. № 3. С. 179–185.
4. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты.
5. Григорян А. А. Расчёт несущей способности сваи // Проблемы свайного фундаментостроения: матер. 6-й междунар. конф. М., 1998.

КООПЕРАЦИЯ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО И СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В РАМКАХ КЛАСТЕРНОГО ПОДХОДА

Д. Г. Фрик, преподаватель

Байкальский государственный университет, Иркутск, Россия

Аннотация. Цель данного исследования – анализ лесопромышленного и строительного комплекса Иркутской обл. и возможность создания лесопромышленного кластера. В статье приводятся анализ крупных предприятий Иркутской обл., а также данные по лесосырьевой базе. Методы исследования основаны на теоретическом анализе научных публикаций, направленных на решение проблем и повышения эффективности предприятий лесной промышленности. Результаты работы отражают приоритетные векторы развития кооперации между предприятиями лесного и строительного комплекса Иркутской обл.

Ключевые слова: кооперация в лесопромышленном комплексе, CLT-панели, кластерный подход в экономике, малоэтажное деревянное домостроение, лесопромышленный и строительный комплекс Иркутской области

В условиях тотальных санкций со стороны мирового сообщества против нашего бизнеса и страны в целом, развитие предприятий лесопромышленного комплекса (далее – ЛПК) становится очень сложным, зачастую и невозможным. Предприятиям приходится выживать и работать на уровне низкой или нулевой рентабельности. Бизнесу не только ограничили доступ к финансовым ресурсам, но и значительно сократили экспорт лесопродукции, а по каким-то позициям экспорт совсем прекратился. Также необходимо отметить, что лесная промышленность сильно технологически зависима от европейских производителей техники и оборудования. На сегодняшний день поставки техники, оборудования и техническое сопровождение прекратились. Лесопромышленник остался с этой проблемой один на один. Российского оборудования и лесозаготовительных машин, к сожалению, нет.

Основной организационной формой предприятий лесного хозяйства в плановой экономике являлись территориально-производственные объединения, и предприятиям было проще обеспечивать себя техникой, оборудованием, кадрами, а также внедрять современные технологии [1]. В современном же мире развитые капиталистические страны применяют метод кластерного экономического подхода, основателем теоретической базы которого был М. Портер. Учёный даёт определение кластеру как группе географически соседствующих взаимосвязанных компаний, действующих в определённой сфере, характеризующихся общностью деятельности и взаимодополняющих друг друга [2]. Конечной целью создания кластера

является синергический эффект, а именно повышение экономической эффективности каждого предприятия за счёт высокой степени кооперации.

Развитие российских кластеров на основе конкурентной специализации регионов отражены в работах В. В. Колмакова, Е. С. Куценко, В. А. Плотникова [3]. Исследования, посвящённые концептуальным подходам к формированию лесопромышленных кластеров в России, рассматривались в работах Н. И. Кожухова, Н. П. Кожемяко, А. А. Фитчина [4]. Кооперации малого бизнеса в ЛПК рассмотрены в работе Ю. М. Авдеева [5].

При наступившем экономическом кризисе и в т. ч. прекратившемся экспорте лесопродукции необходимо наращивать потребление лесопродукции на внутреннем рынке. На совещании под председательством Президента РФ В. В. Путина 10.02.2023 в Архангельске, посвящённом развитию ЛПК, был поднят данный вопрос, где были обозначены важные моменты и пути развития лесного комплекса РФ.

Так, предлагается:

– частное жильё комплектовать российским котельным оборудованием, работающим на отходах лесопиления;

– обеспечить законное право граждан на заготовку древесины для собственных нужд путём выдачи сертификатов на получение отечественных деревянных домокомплектов высокой степени готовности заводского изготовления;

– применять технологии деревянного домостроения при возведении социальных зданий – ФАПов, детских садов, школ, многофункциональных объектов, отделений почты РФ.

Население больших городов активно приобретает земельные участки в пригородах и возводит малоэтажные дома. Яркий тому пример – Хомутовское муниципальное образование Иркутского р-на, развитие которого анализировал С. А. Астафьев [6]. Имея высокий спрос малоэтажного жилья и низкий уровень потребления лесопродукции на внутреннем рынке, можно сделать вывод, что между строительным и лесным комплексом Иркутской обл. есть точки взаимовыгодного сотрудничества именно в развитии деревянного малоэтажного строительства (рис. 1).

Одним из современных материалов для деревянного домостроения являются *CLT*-панели (от англ. *Cross Laminated Timber* – «перекрёстно склеенная древесина») изготавливаются из пиломатериала хвойных и лиственных пород. Данный материал позволяет изготавливать деревянные малоэтажные домокомплекты высокой степени готовности заводского изготовления.

Для успешного создания лесопромышленного кластера необходима достаточная лесосырьевая база и крупные лесопромышленные и строительные предприятия. Список крупных предприятий лесопромышленного и строительного комплекса Иркутской обл. показан в табл. 1 (составлена автором по [7]).



Рис. 1. Схема возможной кооперации лесного и строительного комплекса Иркутской обл.

Таблица 1

Крупные предприятия Иркутской обл.

Целлюлозно-бумажная промышленность	Деревообработка	Лесозаготовка	Строительные компании
АО «Группа Илим» – 2 филиала в Усть-Илимске и Братске с освоенной расчётной лесосекой до 12 млн руб.	– АО «Мадера» – ООО «Лесресурс» – ООО «Ангара +» – ООО «Деком» – ООО «Русфорест Магистральный» – ООО «Атлант»	– ООО «Октябрьск» – ООО «ВитимЛес» – АО «Ката» – ООО «Тимбер-транс» – ИП Заречный	– ЗАО «Саянск-газобетон» – ЗАО ФСК «Новый город» – ЗАО «Строй-Комплекс» – ООО «Иркутский керамический завод» – ООО «Сибавиа-строй»

Иркутская обл. относится к числу наиболее многолесных регионов России, где произрастает около 12 % запасов древесины спелых лесов страны, а доля особо ценных хвойных пород, таких как сосна и кедр, значительна даже в масштабах планеты. На территории в 63 млн га преобладают леса, а их лесистость составляет 80,4 %. В целом запасы древесины на корню составляют 8,79 млрд м³ [8].

Анализируя вышеизложенное, можно сказать, что в Иркутской обл. имеются все компоненты для создания лесопромышленного кластера, а основой кооперации со строительным комплексом может стать малоэтажное деревянное домостроение.

Данное исследование с возможностью дальнейшей реальной реализации проекта кооперации строительного и лесного комплекса очень важно для Иркутской обл. Оно может обеспечить снижение себестоимости жилья, расселение ветхого и аварийного жилья, сохранение рабочих мест на предприятиях ЛПК.

Список источников

1. Фитчин А. А. Развитие кооперации предприятий в рамках региональных лесопромышленных кластеров // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2017. Т. 10. № 4 (334). С. 464–478. DOI: 10.24891/fa.10.4.464.
2. Портер М. Конкуренция / пер. с англ. О. Л. Пелявского и др. М.: Вильямс, 2005. 602 с.
3. Колмаков В. В. Развитие кластеров на основе конкурентной специализации регионов / В. В. Колмаков, А. Г. Полякова, С. В. Карпова и др. // Экономика региона. 2019. Т. 15. № 1. С. 270–284.
4. Кожухов Н. И. Концептуальные подходы к формированию лесопромышленных кластеров в России / Н. И. Кожухов, Н. П. Кожемяко, А. А. Фитчин // Лесотехнический журнал. 2017. № 3. С. 236–253.
5. Авдеев Ю. М. Повышение конкурентоспособности отрасли как фактор инвестиционной привлекательности региона / Ю. М. Авдеев, Ю. В. Мокрецов, А. А. Тесаловский // Инновационное развитие экономики. 2018. № 2 (44). С. 19–32.
6. Астафьев С. А. Проблемы субурбанизированных территорий Иркутской агломерации на примере Хомутовского муниципального образования // Baikal Research Journal. 2022. Т. 13. № 2. DOI: 10.17150/2411-6262.2022.13(2).16.
7. Попова С. А. Особенности и проблемы развития строительной отрасли (на примере Иркутской обл.) / С. А. Попова, О. В. Таюрская // Информатизация и виртуализация экономической и социальной жизни: матер. 7-й всеросс. НПК с междунар. уч. Иркутск: ИрНИТУ, 2019. С. 165–168.
8. Об утверждении лесного плана Иркутской обл. на 2019–2028 гг.: Указ Губернатора Иркутской обл. № 112-уг от 29.05.2019 // Консультант-Плюс: справ. прав. система.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА СТРОИТЕЛЬНОЙ СМЕСИ НА ДИНАМИКУ 3D-ПРИНТЕРА

Д. С. Шулюшенков, студент;

Н. А. Челночков, студент;

Р. Т. Емельянов, д-р техн. наук, профессор

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрен строительный принтер для укладки бетонной смеси с автоматизированной системой контроля, проанализировано влияние смеси на динамику вибратора и на установку в целом. В ходе работы строительного 3D-принтера были получены данные с акселерометра в виде графиков частоты колебаний работы строительного принтера, которые характеризуют основные рабочие параметры. Целью работы является определение характера колебаний, максимальной амплитуды колебаний и выявление времени наименьшего переходного процесса.

Ключевые слова: *строительный 3D-принтер, бетонная смесь, характер колебаний, автоматизированный контроль, акселерометр, Arduino*

Введение. Сегодня комплексная автоматизация технологических процессов производства является актуальным вопросом в более функциональной работе любого предприятия, поскольку автоматика выполняет процессы намного быстрее человека. 3D-печать набирает популярность в профессиональных кругах. Однако, несмотря на все преимущества строительной 3D-печати, у неё есть несколько существенных недостатков. Главный – это слоистость, избежать которой при текущем уровне развития технологии не предоставлялось возможным. Также нельзя не отметить, что в этом методе строительства затруднён принцип армирования, в связи с чем созданные здания с помощью технологий 3D-печати могут быть в основном малоэтажными. Поэтому актуальным вопросом в области применения технологии 3D-печати в строительстве является вопрос об укладке арматуры в бетон-матрицу. Стены, перегородки и весь конструктив объекта имеет самонесущую функцию, ограничивая возможности постройки более масштабных проектов. Немаловажной проблемой остаётся обеспечение жёсткости конструкции принтера во время работы. До настоящего момента не существовало иных способов стального армирования, кроме ручной укладки арматуры в опалубку, предварительно напечатанную по технологии контурной обработки.

Интересный обзор современной инновационной технологии 3D-печати содержится в [1]. Авторы данной статьи выделяют основные преимущества 3D-технологии, позволяющей создавать объекты с высокой точностью и скоростью без участия человека, а также возможность создания объектов и конструкций из 3D-моделей. В [2] раскрываются возможности

использования 3D-принтеров в различных сферах, особенно в строительной отрасли. Рассмотрены основные методы и способы 3D-печати, описаны процессы и возможности использования аддитивного производства при создании зданий и сооружений. Интересный обзор международного опыта реализации технологии 3D-печати в строительстве содержится в [4].

Методы и материалы. Экспериментальная модель строительного 3D-принтера приведена на рис. 1.

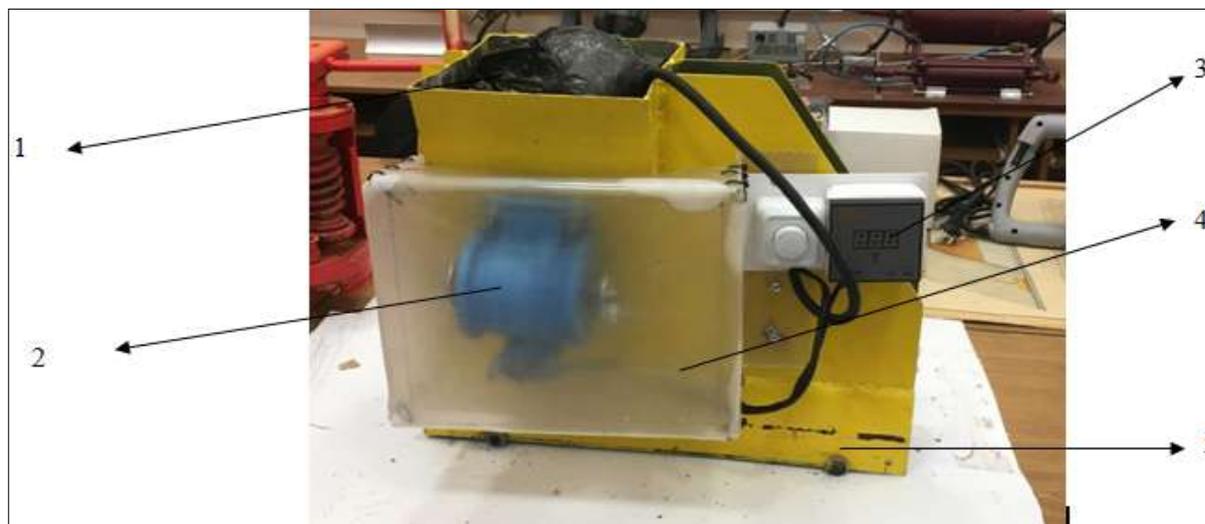


Рис. 1. Экспериментальная модель строительного 3D-принтера: 1 – бункер; 2 – вибратор; 3 – пульт управления; 4 – кожух вибратора; 5 – корпус 3D-принтера

При расчёте строительного 3D-принтера необходимо учитывать влияние смеси на динамику как вибратора, так и на установку в целом. Бетонная смесь представляет единую динамическую систему как сложная вязкопластическая среда. Влияние смеси на динамику строительного 3D-принтера определяется введением обобщённого коэффициента присоединения смеси k_1 [2]. При загрузке бункера, находящегося в режиме резонансной работы, смесью происходит снижение амплитуды виброперемещений из-за увеличения колеблющейся массы строительного 3D-принтера. Снижение амплитуды виброперемещений зависит от густоты армирования и состава смеси [3].

Бетонная смесь подается из приемного бункера в специальную форму, где уплотняется под действием сил вибрации и приобретает форму бруса. Процесс работы машины непрерывный. Такой режим работы виброударной установки позволил уплотнять малоподвижные бетонные смеси жёсткостью 20 С.

Для уплотнения бетонной смеси применяется направленный вибратор. Применение вибраций со специально подобранной частотой и амплитудой осуществляет непрерывное формование бетонного бруса. Регулируя величину возмущающей силы вибратора, выбирается оптимальный режим вибрации, а также влияние вибрации на самовозбуждение бункера и скользящей опалубки. Колебательный процесс стенок бункера определяется амплитудой их колебания.

Результаты. В ходе работы строительного 3D-принтера были получены данные с акселерометра, которые характеризуют основные рабочие параметры строительного принтера. Данные представлены в виде графиков на рис. 2–4. Виброуплотнение смесей происходило при различных оборотах вибратора, которые регулировались входным напряжением, изменяемым от 200 до 40 В.

По полученным данным графиков видим, что основные виброускорения станда наблюдаются по оси X , по осям Y и Z они незначительные и не оказывают уплотнения смеси, поэтому в дальнейшем показания с этих осей брать во внимание не будут.

Рассмотрим более подробно на рис. 5–7 динамику процесса уплотнения по основной оси X , на рабочей частоте, при разных режимах вибратора – 40, 120 и 200 В.

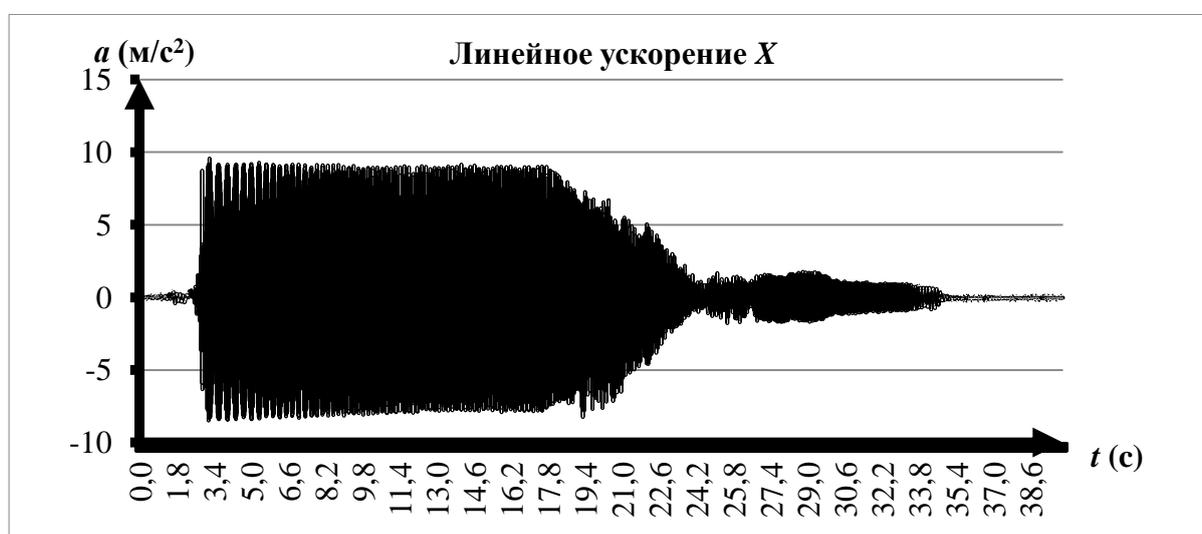


Рис. 2. График настройки частоты колебаний работы принтера по оси X при 40 В



Рис. 3. График настройки частоты колебаний работы принтера по оси Y при 40 В

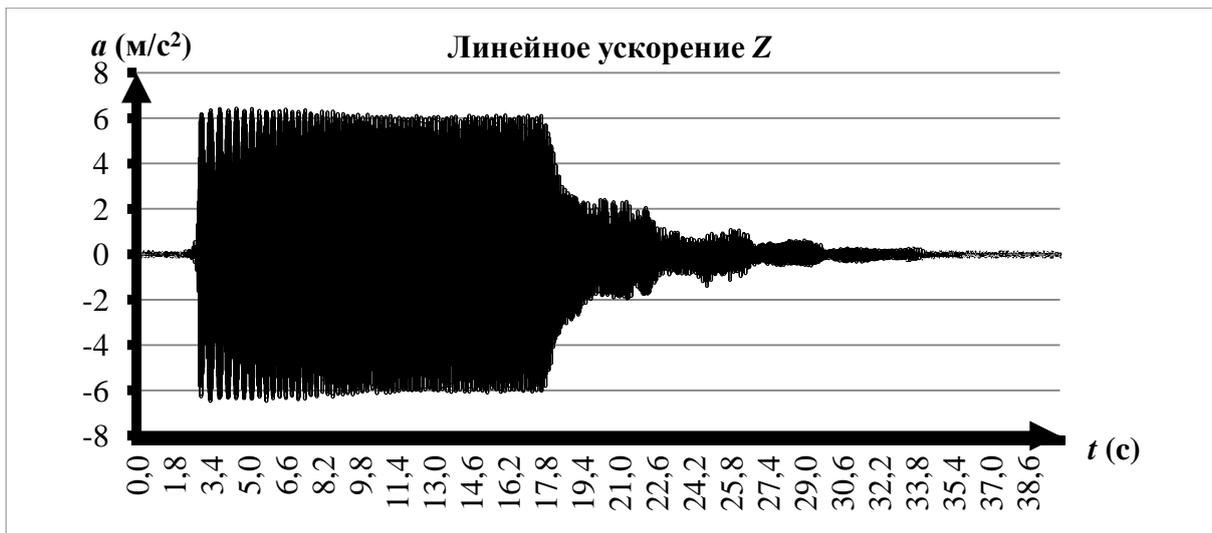


Рис. 4. График настройки частоты колебаний работы принтера по оси Z при 40 В

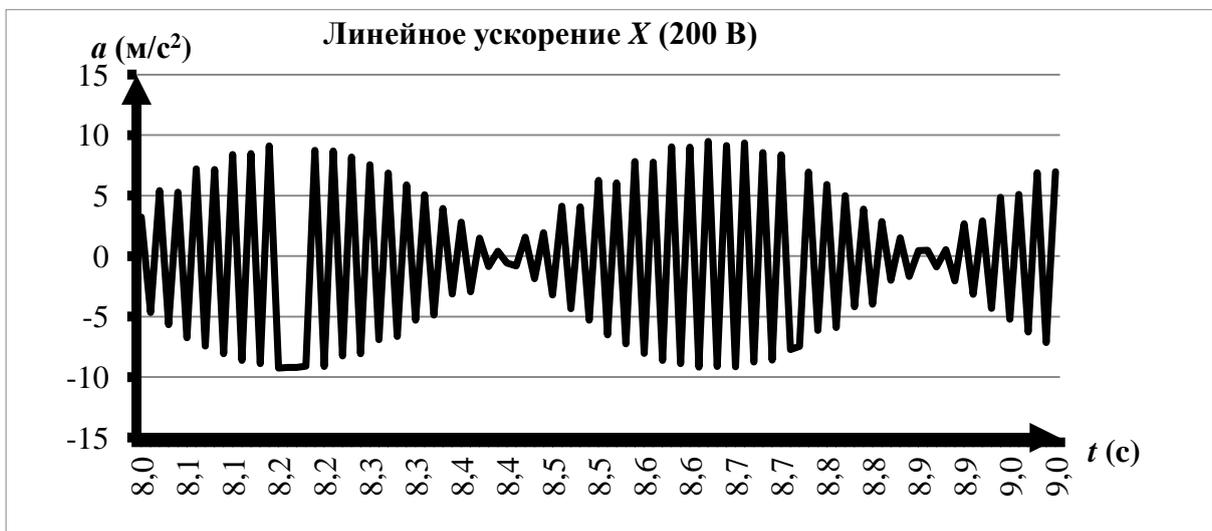


Рис. 5. График участка рабочей частоты колебаний принтера по оси X при 200 В

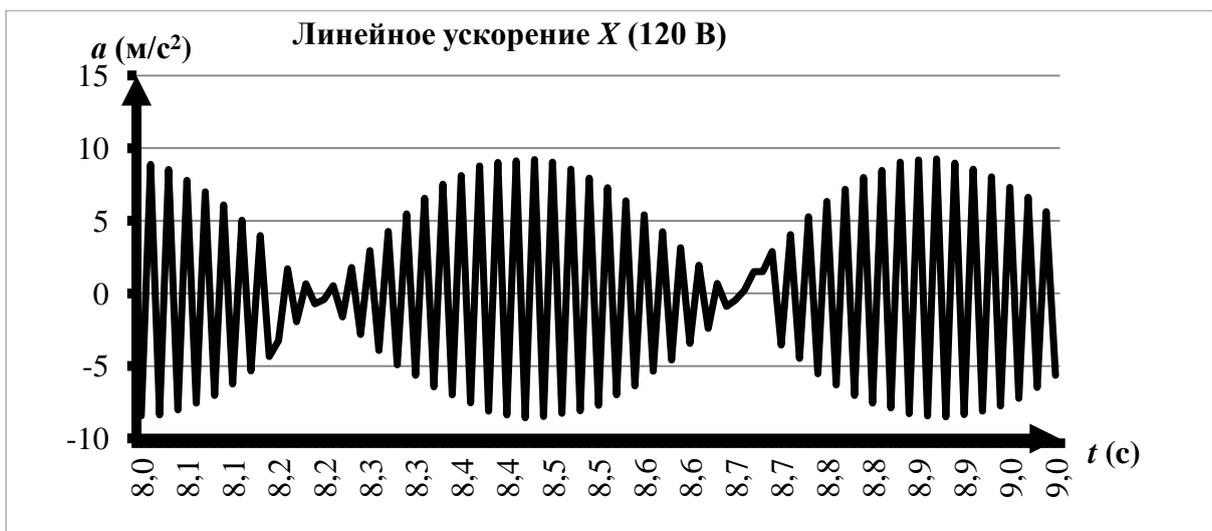


Рис. 6. График участка рабочей частоты колебаний принтера по оси X при 120 В

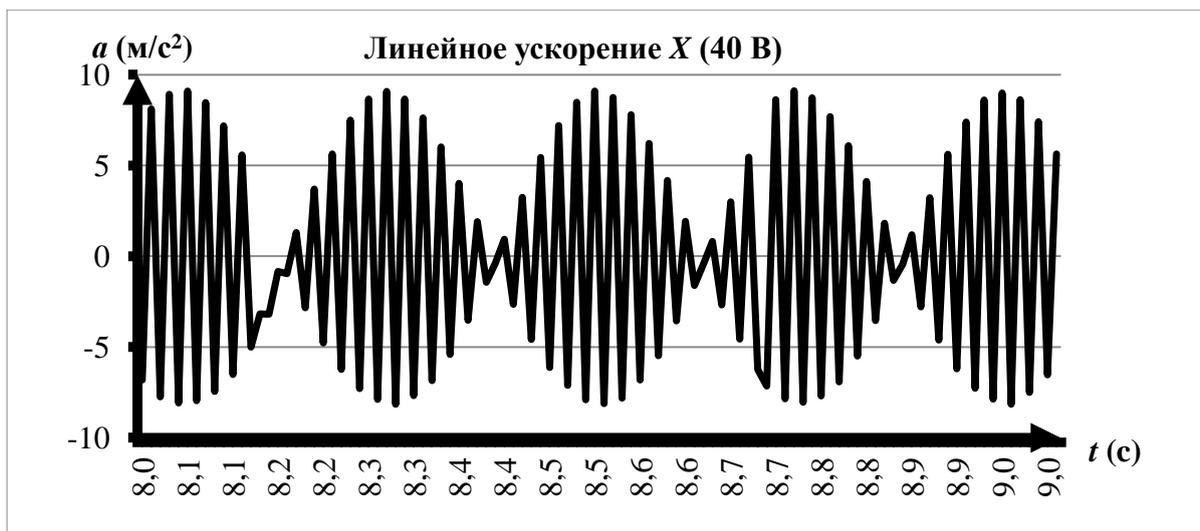


Рис. 7. График участка рабочей частоты колебаний принтера по оси X при 40 В

По полученным осциллограммам делаем вывод, что характер колебаний синусоидальный, сложного вида. Более интенсивный процесс уплотнения представлен на рис. 7, колебания были более устойчивые, чем при других режимах, в дальнейшем формирование образцов происходило на данной частоте колебаний.

Максимальная амплитуда колебаний достигала на всех графиках значения $9,8 \text{ м/с}^2$, амплитуда с таким параметром не вызывает деформаций и разрушения строительного принтера, что положительно скажется на его долговечности.

Наименьшее время переходного процесса, равное $0,2 \text{ с}$, достигнуто на рис. 7, на других осциллограммах (рис. 5, 6) время перехода равняется $0,4 \text{ с}$, что ещё раз доказывает применимость виброускорений при 40 В вибратора.

Выводы. В ходе теоретических исследований, лабораторных и производственных экспериментов определены параметры рабочего процесса формирования бетонной смеси в условиях вибрационного воздействия оборудования на уплотняемую смесь.

Также в ходе проведения испытаний был изучен механизм действия виброускорений, и его влияние на прочность, плотность и удобоукладываемость смеси.

В результате исследований были установлены закономерности изменения свойств бетонной смеси при различных режимах виброуплотнений, затем были построены графики, отображающие динамику процесса уплотнения.

Список источников

1. Дастин Э. Тестирование программного обеспечения. Внедрение, управление и автоматизация / Э. Дастин, Д. Рэшка, Д. Пол; пер. с англ. М. Павлова. М.: Лори, 2016. 567 с.

2. Схиртладзе А. Г. Автоматизация технологических процессов и производств: учебник / А. Г. Схиртладзе, А. В. Федотов, В. Г. Хомченко. М.: Абрис, 2016. 565 с.

3. Лунева Д. А. Применение 3D-печати в строительстве и перспективы её развития / Д. А. Лунева, Е. О. Кожевникова, С. В. Калошина // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2017. Т. 8. № 1. С. 90–101. DOI: 10.15593/2224-9826/2017.1.08.

4. Вага Д. И. Современная технология контурного строительства / Д. И. Вага, Л. В. Десятов, А. В. Цорик и др. // Современные тенденции и проблемы развития. Екатеринбург: УрГАХУ, 2019.

5. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

УДК 628.52

ЭКОНОМИЯ ТОПЛИВА В УСТАНОВКАХ ЭНЕРГЕТИКИ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

А. И. Авласевич, канд. техн. наук, доцент;

В. Г. Андреев, магистрант

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Проведён анализ существующих путей снижения расхода топлива в котельных установках ЖКХ. Для этого использовались теоретические и экспериментальные данные. Для трёх видов топлива найдены пути повышения эффективности работы котлов.

Ключевые слова: топливо, уголь, котлы, экономия, эмульсии, жидкое, газогенератор, твёрдые, отходы, газ

Для снижения оплаты услуг ЖКХ необходимо уменьшать себестоимость получения тепловой энергии. Для этого необходимо снижать расход топлива на выработку тепловой энергии. Вопросы экономии топлива – это повышение КПД котлов и котельной в целом, это существенно зависит и от вида используемого топлива.

Рассмотрим три вида топлива, используемого в котлах ЖКХ.

1. Котельные, работающие на угле с ручной загрузкой и шуровкой. Обследование таких котельных показало, что для выработки 1 Гкал/ч расход угля составляет 350–400 кг.

При несложных расчётах, если взять КПД котла равным 80 %, расход угля на выработку 1 Гкал/ч при $Q_n = 5200$ Ккал/кг составляет около 240 кг/Гкал. Таким образом, перерасход угля составил от 110 до 160 кг/ч. При мощности котла 1 Гкал/ч (220 дней отопительный сезон и коэффициент загрузки оборудования 0,6) расход угля будет составлять, соответственно, от 348 до 507 т/г., или в рублях при цене за уголь 6000 руб./т – 2090880 и 3042000 руб./г.

Анализ производимого в РФ оборудования показал, что подходящие под замену котлы с КПД, равным 80–84 %, мощностью 1,0 МВт (0,84 Гкал/ч) можно подобрать только полностью автоматизированные стоимостью 1,4–2,1 млн руб. и более. Для такой котельной установки необходима система топливоподачи в котловой бункер котла, механизированный склад, проект, всё вместе окупается в течение 3–5 лет.

Рассматривая котлы на ручной загрузке и шуровке, выявлены значительные отличия, как в стоимости котлов, так и в их реальных технических характеристиках. Эксплуатация котлов с ручной загрузкой и шуровкой показала, что котлы не выходят на заявленную тепловую мощность (особенно в наиболее холодный период времени). Форсировка котлов сопровождается зашкаливающим уровнем температуры отходящих за котлом газов до уровня 350 и даже 400 °С – соответственно, снижается КПД котла и увеличивается расход угля на 1 Гкал. Кроме этого, реальный КПД котлов даже на низких нагрузках не соответствует заявленным в паспортах, а ведь это прямой перерасход угля при выходе на повышенные нагрузки.

Инструментальные замеры, позволяющие определить реальный КПД котлов и их выход на паспортные показатели. Проведённые в 2016 г. испытания котла КВР-1,0 (заявленная мощность котла 1 МВт или 0,86 Гкал/ч) фирмы ООО «Теплоэнергетик» (Кировская обл.) показали, что котёл может быть выведен на мощность около 0,35 Гкал/ч, т. е. на нагрузку от заявленного значения в 2,46 раза меньшую, чем указанную в паспорте на котёл.

Реальный КПД наших котлов, установленных на котельных, марки «Энергия» (например, НИИСТУ) составляет 35–45 %.

Анализ показал, что при снижении КПД котла с 70 до 45 %, перерасход угля составляет 152 кг/ч или 482 т/г., с коэффициентом загрузки оборудования 0,6, а в деньгах – 2,892 млн руб./г. при цене угля 6 000 руб./т.

При сложившейся цене на уголь в 6 000 руб./т размер убытков составляет многие миллионы рублей на котельной достаточно небольшой мощности (2–5 МВт), которые находятся у нас в эксплуатации.

В связи с этим необходима замена котлов с ручной загрузкой на аналогичные, которые бы работали с более высоким КПД, чем те котлы, которые у нас в наличии.

С этой целью был произведён поиск производителей котлов мощностью 1,0 МВт (0,86 Гкал/ч), который был систематизирован по ряду характеристик и параметров, таких как вес, стоимость, площадь поверхности нагрева, КПД.

Основные данные для анализа эффективности угольных котлов были взяты из открытых источников, данных официальных сайтов организаций-производителей. Указанные данные включают: расход топлива, низшая теплота сгорания топлива, площадь поверхности нагрева котла, КПД котла, температура уходящих газов, вес и габариты, а также стоимость котла.

Первое, на что обращает внимание потребитель при рассмотрении табличных данных, – несомненно, цена. Стоимость котлов варьируется в широких пределах – от 280 до 750 тыс. руб., т. е. более чем в 2 раза. Изначально этот фактор нас и побудил посмотреть на эту ситуацию пристальнее, проанализировать, почему появляется такая существенная разница.

При этом КПД котлов с ручной загрузкой почти везде стоит на уровне 80 % и более, что весьма трудно поддерживать даже на автоматизированных котлоагрегатах на твердом топливе, например, на щепе, где конструкции котлов и котельных в настоящее время достаточно хорошо отработаны, а КПД с осторожностью прописывают 80–84 %.

Для анализа выхода на заявленную мощность в качестве характеристик котлов была выбрана площадь поверхности нагрева котла, которая и определяет мощность, экономичность работы котлов, расход топлива на выработку единицы тепловой энергии (1 Гкал/ч).

Сравнительный анализ площади теплопередачи (поверхности нагрева) котлов различных производителей производим путем расчётов через весовые характеристики котлов, заявленные производителями.

Площадь теплопередачи (поверхности нагрева) котла $S_{\text{тепл}}$ рассчитывали по следующей формуле:

$$S_{\text{тепл}} = \pi \times D_{\text{тр}} \times L_{\text{тр}}, \quad (1)$$

где $D_{\text{тр}}$ – диаметр труб котла; $L_{\text{тр}}$ – длина всех труб котла.

Длина всех труб котла $L_{\text{тр}}$ рассчитывается по следующей формуле:

$$L_{\text{тр}} = P_{\text{тр}} / P_{\text{пог.м}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{тр}}$ – вес труб котла; $P_{\text{пог.м}}$ – вес 1 пог. м трубы.

Вес 1 пог. м трубы рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{\text{пог.м}} = 0,02466 \times W \times (D_{\text{тр}} - W), \quad (3)$$

где W – толщина стенки труб.

Но более существенное значение играют эксплуатационные показатели котла при его заниженной мощности, а именно перерасход угля. Снижение КПД котла на 10 % приводит к перерасходу угля на 147 т/г., или на 884 тыс. руб./г.

Этот простой расчёт указывает на одну очень важную, с нашей точки зрения, деталь. Стоимость котла играет роль на стадии его приобретения: берём самый дорогой котёл (ООО «Балткотломаш», 750 тыс. руб.), но с учётом его последующей эксплуатации в течение 5 лет она ничтожно мала по сравнению с денежными потерями эксплуатирующей организации на перерасходе угля. Например, 10 % снижения КПД за 1 год – это потеря 884 тыс. руб. за счёт стоимости перерасхода угля, что больше стоимости самого котла, а за 5 лет это составит 4,42 млн руб.

Котёл с достаточно высоким КПД позволяет практически дважды за отопительный сезон окупить затраты на «переплату» за покупку дорогого котла.

2. При работе котельных на жидком топливе для повышения надёжности и экономичности их работы необходимо применять следующее:

– использование подогревателей мазута;

– разработка схем мазутного хозяйства с применением специальных эмульгаторов, которые позволят создать однородное жидкое топливо и исключить отрыв пламени за счёт наличия воды в мазуте;

– использование эффективных акустических горелочных устройств;

– использование форсунок, позволяющих создавать водотопливные эмульсии;

– использование нетрадиционного топлива (биогаза из отходов животноводства и т. д.) – позволяет избавиться от отходов и выработать дешёвое топливо;

– использование утилизаторов теплоты отходящих газов – позволяет экономить топливо за счёт снижения температуры отходящих дымовых газов.

Создание водотопливных эмульсий позволит снизить выброс вредных веществ и сократить расход топлива.

Экспериментально установлено, что сжигание жидкого топлива в виде водотопливной эмульсии позволяет:

– повысить КПД котельной установки на 2–3 %;

– снизить выход окислов азота на 40 %;

– понизить выход сажи на 95 %;

– ликвидировать промышленные стоки предприятий.

Сжигание мазута в виде водотопливных эмульсий позволит наряду с экономическими факторами решить вопрос повышения экологичности работы котельной и надёжность работы котлов. Проведённые экспериментальные исследования показали, что наиболее однородная по составу эмульсия получается при температуре обрабатываемой жидкости +80 °С и частоте вращения ротора эмульсатора 1 450 об./мин.

Испытания по влиянию влаги на эффективность сжигания топлива и надёжность работы горелочного устройства, особенно при малых тепловых нагрузках работы котла, показали следующее: наиболее экономично котёл работает при впрыске влаги с давлением от 2 до 3 ат и давлением распыливающего агента 3 ат. Максимальное снижение выбросов окислов азота доходит до 70 %, при этом повышение КПД котла составляет в среднем 1,7 % за счёт снижения температуры отходящих дымовых газов.

3. Использование газогенераторов для получения газа из бытового мусора с последующим использованием газа в топках котлов позволяет снизить расход основного топлива и уменьшить выброс окислов азота и канцерогенных веществ. Это особенно актуально для районов Крайнего Севера с вечномёрзлыми грунтами, где рекультивацию полигонов невозможно осуществить. Данное решение позволяет уменьшить количество полигонов (рационально использовать земли, прилегающие к крупным городам) и утилизировать бытовой мусор.

ООО «Балткотломаш» разработаны и изготовлены установки по газификации твёрдых коммунальных отходов, которые позволяют эффективно обезвреживать ТКО и использовать их в качестве топлива.

На всех котельных целесообразно внедрение систем автоматики регулирования процесса сжигания топлива. Это является одним из наиболее эффективных и быстро окупаемых способов повышения эффективности использования топлива в котельных и других топливоиспользующих агрегатах.

Список источников

1. Корягин В. А. Сжигание водотопливных эмульсий и снижение вредных выбросов. СПб.: Недра, 1995. 304 с.
2. Хоничев Ю. В. Стандарт № 1 255 810. Ротационная форсунка / Ю. В. Хоничев, А. И. Авласевич, В. Ю. Безруких // БИ. 1986. № 33. С. 4.
3. Безруких В. Ю. Установка по обезвреживанию бытовых отходов методом газификации / В. Ю. Безруких, А. И. Авласевич, И. Б. Оленев // Вестник КрасГАУ. 2016. № 7 (118). С. 121–125.

ПРОБЛЕМА КЛАССА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЯ НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ КРАСНОЯРСКА

Е. Е. Блинникова, аспирант

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Цель исследования – определить основные показатели класса энергоэффективности здания и рассмотреть его необходимость как основного критерия рационального использования тепловой энергии зданием. В результате исследования определены основные показатели класса энергоэффективности, которые также учитываются при внедрении обновленных систем теплоснабжения в многоквартирные дома на этапе проектирования. Класс энергоэффективности как основной критерий нуждается в современной адаптации в виде нового универсального критерия для использования моделей прогнозирующего управления с динамической моделью здания.

Ключевые слова: *класс энергоэффективности, тепловая энергия здания, многоквартирный дом, технические показатели, экономические показатели, система теплоснабжения*

Согласно выступлению премьер-министра России от 26.02.2024 Правительство выделит 12 млрд руб. на модернизацию ЖКХ и 700 млрд руб. – на внедрение инновационных и нейросетевых технологий до 2030 г. Жилые многоквартирные дома нуждаются в обновлении систем теплоснабжения и переоборудовании тепловых пунктов [1–3]. Данное состояние зданий напрямую сказывается на уровне их энергетической эффективности, т. к. от этого зависит степень продуктивности работы систем жизнеобеспечения в доме и стоимость услуг ЖКХ для жильцов.

Для оценки использования тепловой энергии введен класс энергетической эффективности – показатель рационального использования тепловой энергии многоквартирным домом, определяющийся значением удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания [4]. С 2014 г. новым домам присваивается класс энергоэффективности. Проблема класса энергоэффективности – его перманентное присвоение зданиям при сдаче дома в эксплуатацию без учёта изменения класса в течение года в зависимости от погодных условий и изменений внутренних и внешних характеристик здания.

Цель – определить основные показатели, влияющие на выбор класса энергоэффективности здания и рассмотреть его необходимость как основного критерия рационального использования тепловой энергии зданием.

Класс энергоэффективности здания, определённый согласно показателям эффективности расхода энергии зданием [4], зависит от месяца года, этажности и площади здания, а также от прочих показателей эффективности (табл. 1).

Согласно [5], класс энергетической эффективности многоквартирного дома во время его эксплуатации устанавливается и подтверждается государственным органом на основании годовых удельных данных о теплоснабжении здания.

Согласно открытым базам данных о жилых домах, Красноярск включает от 5 000 до 7 000 многоквартирных зданий. При этом с 2014 по 2023 г. построено 555 домов [6; 7], из которых выбрано три здания методом кластерной выборки для анализа критериев, наиболее влияющих на класс энергоэффективности (табл. 2).

Таблица 1

Показатели энергетической эффективности МКД

Технические	Экономические
<ul style="list-style-type: none"> – коэф. утечки воздуха, передачи тепла ограждающих конструкций; – уровень теплоизоляции и теплозащиты ограждающих конструкций; – коэф. сохранения тепловой энергии, тепловой эффективности систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха; – коэф. теплопередачи (<i>U</i>-фактор), теплосопротивления (<i>R</i>-фактор); – коэф. тепловой инерции (срок нагрева); – энергоёмкость здания; – коэф. отражения солнечной радиации (остекления); – энергетическая эффективность систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха 	<ul style="list-style-type: none"> – экономический эффект энергоэффективности; – коэф. годовой экономии на энергии; – коэф. снижения затрат на использование энергии

Таблица 2

Характеристики МКД в Красноярске

Показатель	Здание 1	Здание 2	Здание 3
Год строительства	2015	2018	2020
Этажность	16	18	17
Высота этажа (м)	2,75	2,7	2,75
Высота здания (м)	44	48,6	46,75
Площадь (м ²)	1 282,6	1 041,6	1 016,6
Объём (м ³)	56 436	50 624,2	47 525,6
Система теплоснабжения	Централизованное		
Схема теплоснабжения	Закрытая, ЦТП		
Материал	Ж/б панели, плитка	Кирпич, ж/б панели, вентилируемый фасад	Ж/б панели, плитка
Балконы	Остекление, окна ПВХ		
Пожарные балконы	Да	Нет	Нет
Ориентация фасада	С	ЮЗ	С
Класс энергоэффективности	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>B+</i>

В результате анализа технических показателей выбранных МКД в Красноярске сделан вывод, что основное влияние на выбранный класс энергоэффективности оказывают этажность и высота здания, площадь здания и материал наружных несущих конструкций. Чем выше здание, тем выше его энергетическая эффективность. Кирпичные несущие стены совместно с вентилируемым фасадом обладают более высокой теплоизоляцией. Покупка квартиры и оплата услуг ЖКХ в кирпичном многоэтажном доме доступны не всем жителям города, население и застройщики отдают предпочтение более дешёвым и быстровозводимым панельным многоэтажным домам. При внедрении обновлённых систем теплоснабжения в многоквартирные дома выявленные в исследовании показатели учитываются на этапе проектирования, класс энергоэффективности здания выступает в качестве справочной информации. Класс энергоэффективности как основной критерий рационального использования тепловой энергии зданием нуждается в современной адаптации к строительной ситуации в стране. Дальнейшие исследования будут посвящены разработке нового универсального критерия, необходимого для использования моделей прогнозирующего управления с динамической моделью здания. Такие модели для прогнозирования будущего теплового поведения здания могут оптимизировать энергоэффективность зданий на горизонте прогнозирования при наличии возмущений и ограничений, что является идеальной стратегией для достижения поставленных Правительством РФ целей.

Список источников

1. Колосов М. В. Анализ систем управления теплоснабжением зданий / М. В. Колосов, Ю. Л. Липовка, Е. Е. Шишкова // Строительство и техногенная безопасность. 2023. № 29 (81). С. 97–106.
2. Колосов М. В. Разработка моделей для построения прогноза теплоснабжения зданий / М. В. Колосов, Ю. Л. Липовка, Е. Е. Шишкова // Энергобезопасность и энергосбережение. 2023. № 3. С. 17–22.
3. Колосов М. В. Влияние солнечной радиации на избыток потребляемой зданием тепловой энергии на примере Красноярска / М. В. Колосов, Е. Е. Шишкова, Ю. Л. Липовка // Известия вузов. 2024. № 2. С. 92–103.
4. Кожин В. А. Сущность понятия энергоэффективности и показатели её измерения в жилищном строительстве / В. А. Кожин, А. С. Кремлев // Научный альманах. 2023. № 5-1 (103). С. 33–38.
5. Об утверждении правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов: Приказ Минстроя России № 399/ПР от 06.06.2016.
6. DomReestr. URL: domreestr.ru/krasnoyarskiy-kray/krasnoyarsk.
7. Building Info. URL: building-info.ru/krasnoyarskiy-kray/g-krasnoyarsk.

РАСЧЁТ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ С ОТКРЫТОЙ И ЗАКРЫТОЙ СХЕМАМИ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Е. Е. Блинникова, аспирант

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Задача определения расходов теплоносителя является одной из основных в расчете гидравлического режима системы. В статье рассмотрены изменения гидравлического режима тепловых сетей с закрытой и открытой схемами подключения ГВС с пятью абонентами на примере изменения расхода теплоносителя на отопление. Сделан вывод, что при отключении теплообменников ГВС расходы теплоносителя на отопление увеличились равномерно у всех абонентов сети и в большем размере, при отключении водоразбора на ГВС расходы теплоносителя на отопление увеличились неравномерно и в меньшем размере, что делает закрытую систему теплоснабжения более гидравлически устойчивой.

Ключевые слова: гидравлический режим, потокораспределение, теплоснабжение, гидравлическое сопротивление, теплообменник, расход теплоносителя

Открытые и закрытые системы теплоснабжения, существующие в России повсеместно, ежегодно проходят гидравлические испытания и последующий ремонт. Сегодня открытые системы теплоснабжения, несмотря на простоту и дешевизну эксплуатации, заменяются закрытыми для повышения качества горячего водоснабжения потребителей [1]. Для перехода на закрытую систему теплоснабжения в настоящее время Фондом содействия реформированию ЖКХ разработан механизм субсидирования энергоэффективного капитального ремонта, согласно которому собственники здания могут возместить до 80 % затрат на реализацию мероприятий [2]. В закрытых системах теплоснабжения вода для горячего водоснабжения подогревается водой из тепловой сети с помощью теплообменников, в открытых системах вода для горячего водоснабжения берётся непосредственно из тепловой сети. Количество воды в закрытых системах теплоснабжения остается неизменным до и после её использования потребителем, за исключением естественных утечек. В открытой системе сетевая вода расходуется из системы с помощью водоразборной арматуры [3]. При возникновении аварийных ситуаций в системе теплоснабжения меняется расход горячей воды на бытовые нужды, в сети изменяется перепад давлений, что характеризует изменение гидравлического режима и отпуска теплоты потребителям. Расчет гидравлического режима тепловой сети заключается в определении правильного потокораспределения в системе для рационального и равномерного использования тепла абонентами. Задача определения расходов в сети на бытовые нужды является одной из основных в расчёте гидравлического режима системы.

Значение характеристики гидравлического сопротивления участков S ($\text{м} \times \text{с}^2 / \text{м}^6$) определяется по формуле:

$$S = \frac{\Delta P}{V^2}. \quad (1)$$

Значение характеристики проводимостей участков α ($\text{м}^2 / \text{с}$) определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{V}{\sqrt{\Delta P}}. \quad (2)$$

Автоматическое регулирование гидравлических режимов и учёт расхода теплоносителя у потребителей доступен в штатном режиме, но аварийная ситуация может потребовать опосредованного определения расхода для выравнивания потерь давления на участках сети и необходимого распределения воды у абонентов сети. Также в нештатной ситуации необходим способ определения расходов для коммунального учёта.

Рассмотрим изменение гидравлического режима тепловых сетей с закрытой и открытой схемами подключения ГВС с пятью абонентами в сети на примере изменения расхода теплоносителя на отопление. В закрытой системе теплоснабжения примем отключение теплообменников ГВС. Данные сведены в табл. 1.

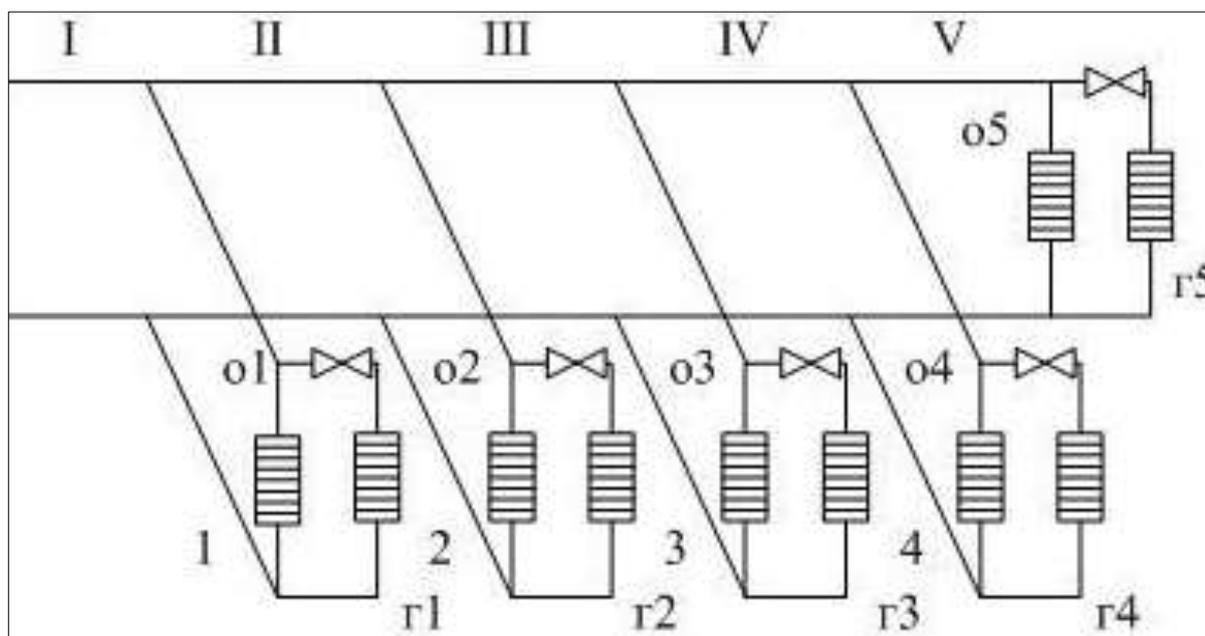


Рис. 1. Схема теплоснабжения с пятью абонентами

Таблица 1

Расчёт характеристик гидравлического сопротивления и проводимости участков закрытой системы теплоснабжения с пятью абонентами

Участок	Расчётные расходы теплоносителя V ($\text{м}^3/\text{ч}$)	Расчётный располагаемый перепад давлений ΔP (м)	Характеристика гидравлического сопротивления S ($\text{м} \times \text{с}^2/\text{м}^6$)	Характеристика проводимостей участков α ($\text{м}^2/\text{с}$)
I	500	20	0,00008	0,031056
II	400	20	0,000125	0,024845
III	300	20	0,000222	0,018634
IV	200	20	0,0005	0,012423
V	100	20	0,002	0,006211
1	100	80	0,008	0,003106
2	100	60	0,006	0,003586
3	100	40	0,004	0,004392
4	100	20	0,002	0,006211
o1–o5	70	10	0,00204	0,00614

Расход теплоносителя V ($\text{м}^3/\text{ч}$) в системе с учётом отключения теплообменников ГВС определяется по формуле (табл. 2):

$$V = \sqrt{\frac{\Delta P}{S}}. \quad (3)$$

Таблица 2

Значения расходов на отопление в закрытой системе теплоснабжения с пятью абонентами

№ абонента	Полученные расходы теплоносителя V ($\text{м}^3/\text{ч}$)
o1	95,58
o2	95,58
o3	95,58
o4	95,58
o5	95,58

Отключение теплообменников ГВС в закрытой системе теплоснабжения привело к увеличению расхода теплоносителя на отопление у абонентов.

Далее рассмотрим расчёт изменения гидравлического режима открытой системы теплоснабжения с пятью абонентами при отключении водоразбора на ГВС (табл. 3–4).

Таблица 3

Расчёт характеристик гидравлического сопротивления и проводимости участков открытой системы теплоснабжения с пятью абонентами

Участок	Подводящая линия				Обратная линия				S ($\text{м} \times \text{с}^2 / \text{м}^6$)
	V ($\text{м}^3/\text{ч}$)	ΔP (м)	S ($\text{м} \times \text{с}^2 / \text{м}^6$)	α ($\text{м}^2/\text{с}$)	V ($\text{м}^3/\text{ч}$)	ΔP (м)	S ($\text{м} \times \text{с}^2 / \text{м}^6$)	α ($\text{м}^2/\text{с}$)	
I	500	10	0,00004	0,043921	350	10	0,00008163	0,030744	0,00012163
II	400	10	0,0000625	0,035136	280	10	0,000127551	0,024595	0,00019005
III	300	10	0,000111111	0,026352	210	10	0,000226757	0,018447	0,00033787
IV	200	10	0,00025	0,017568	140	10	0,000510204	0,012298	0,00076020
V	100	10	0,001	0,008784	70	10	0,002040816	0,006149	0,00304082
1	100	40	0,004	0,004392	70	40	0,008163265	0,003074	0,01216327
2	100	30	0,003	0,005072	70	30	0,006122449	0,00355	0,00912245
3	100	20	0,002	0,006211	70	20	0,00408	0,004348	0,00608163
4	100	10	0,001	0,008784	70	10	0,00204	0,006149	0,00304082
o1–o5	–	–	–	–	–	–	0,00204	–	0,00204000

Таблица 4

Значения расходов на отопление в открытой системе теплоснабжения с пятью абонентами

№ абонента	Полученные расходы теплоносителя V ($\text{м}^3/\text{ч}$)
o1	93,45
o2	90,86
o3	87,51
o4	82,72
o5	73,76

Отключение водоразбора на ГВС в открытой системе теплоснабжения привело к увеличению расхода теплоносителя на отопление у абонентов. В результате выполнения двух расчётных задач можно сделать вывод, что при отключении теплообменников ГВС расходы теплоносителя на отопление увеличились равномерно у всех абонентов сети и в большем размере, тогда как при отключении водоразбора на ГВС расходы теплоносителя на отопление увеличились у всех абонентов сети неравномерно и в меньшем размере. Открытая система теплоснабжения получает меньшую нагрузку на отопление при отключении элемента сети, но изменение расхода у потребителей неравномерно, а разница с изменением в закрытой системе незначительна. Закрытая система теплоснабжения является более гидравлически устойчивой. Повсеместный переход на закрытую систему теплоснабжения в России является целесообразным энергосберегающим

мероприятием, которое способствует рациональному использованию теплового ресурса потребителями многоквартирных домов, подключённых к протяжённым тепловым городским сетям.

Список источников

1. Пачковская Д. А. Особенности расчёта гидравлических режимов тепловых сетей при переходе от открытой к закрытой системе теплоснабжения // Тенденции развития науки и образования. 2023. № 99-8. С. 67–70.

2. Жинкина Е. Ю. Преимущества перехода многоквартирных домов на закрытую систему теплоснабжения с погодозависимой автоматикой при разработке программы энергоэффективного капитального ремонта // Молодые учёные – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). 2021. № 1. С. 444–448.

3. Теплоснабжение: учебник / сост.: А. А. Ионин и др. М.: Стройиздат, 1982. 336 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ СПОРТИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ

А. А. Булавский, студент;

Д. А. Родкин, студент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Предметом исследования являются системы внутреннего холодного водоснабжения спортивных объектов, отличающиеся особой сложностью устройства, обусловленной уникальностью архитектуры таких строений, необходимостью доставки воды требуемого объёма и соблюдения требований надёжности эксплуатации инженерных систем. Особую значимость имеет вопрос энергетической эффективности систем водоснабжения, наибольшее влияние на которую оказывает принятое в проекте насосное оборудование и режим его работы. Цель исследования – выявление современных тенденций проектирования внутренних систем холодного водоснабжения спортивных комплексов.

Ключевые слова: *внутренний водопровод, автоматические установки пожаротушения, водоснабжение, канализация, водопроводные сети*

Водоснабжение спортивных объектов имеет свои особенности: спортивные и оздоровительные учреждения являются крупными потребителями воды. Большинство физкультурно-оздоровительных комплексов имеют в наличии плавательный бассейн, ни один ФОК не обходится без душевых, в них работают санузлы, буфеты, осуществляется полив примыкающей территории. Также сложную водопроводную и канализационную систему имеют банные комплексы, оздоровительные центры, спортзалы, стадионы, катки и ледовые арены.

Качество холодной и горячей воды, подаваемой на хозяйственно-бытовые нужды, должно соответствовать СанПиН 2.1.4.1074-01. Подводка горячей воды предусматривается: к душевым, медицинским помещениям, а также к массажным, бытовым помещениям для рабочих, раздевальным для занимающихся, комнатам инструкторского и тренерского состава, а также к другим помещениям в соответствии с заданием на проектирование. Для полива открытых плоскостных сооружений и территории, а также для создания льда сезонных катков допускается использование источников воды непитьевого качества, отвечающих требованиям ГОСТ 17.1.3.07.

Современные плавательные бассейны оборудуются тремя системами водоснабжения: внутренним водопроводом для удовлетворения хозяйственных, питьевых и бытовых нужд бассейна; противопожарным; технологическим, обеспечивающим снабжение чаши бассейна очищенной и обеззараженной водой.

Что касается технологического водопровода, то он обслуживает только чаши бассейна и к его устройству предъявляются специальные требования.

Часто все три системы водоснабжения используют воду из одного общего источника – хозяйственно-питьевого водопровода населённого пункта или подземного источника, качество воды которого отвечает СанПиНу «Питьевая вода».

Чаще всего для бассейнов используют питьевую воду из городского водопровода с дополнительной очисткой для снижения цветности и мутности.

В этом случае исходная вода поступает по вводу в объединённый водомерный узел плавательного бассейна и направляется в сети хозяйственно-питьевого и технологического водопроводов.

Если по расчёту диаметр ввода составляет более 100 мм, то, как правило, устраивают два ввода. Водомерные узлы плавательных бассейнов в соответствии с расчётными расходами воды оборудуют крыльчатыми и турбинными водосчётчиками.

Водомеры рекомендуется устанавливать следующим образом: общий на вводе и отдельные на трубопроводе подачи воды в чашу бассейна и на трубопроводе рециркуляции.

В помещениях туалетов, душевых и на обходных дорожках чаши бассейна устанавливают поливочные краны диаметром 20 мм с подводкой горячей и холодной воды.

Хозяйственно-питьевой водопровод проектируют в соответствии с требованиями СНиП. В помещениях с повышенной влажностью (душевые, помещения ванн) целесообразно выполнять скрытую прокладку трубопроводов. Технологические трубопроводы водопровода монтируют из стальных труб на сварке. Все закладные части в толще стен и дна чаш (циркуляционные впуски, выпуски и аэрационные вводы) следует изготавливать из нержавеющей стали. Водопроводы некоторых плавательных бассейнов смонтированы целиком из труб, изготовленных из нержавеющей стали.

Хотя такое решение и связано с перерасходом дефицитного металла, оно позволяет увеличить продолжительность работы сети, подвергающейся коррозии, особенно при применении реагентов. В последние годы за рубежом технологические трубопроводы монтируются из раструбных пластмассовых труб, в которых стыки уплотняются резиновыми кольцами, натягиваемыми на гладкий конец трубы. Как показал опыт эксплуатации пластмассового трубопровода, смонтированного в Олимпийском плавательном бассейне в Москве, при использовании пластмассовых труб с гладкой внутренней поверхностью в несколько раз увеличиваются пропускная способность и срок службы технологических трубопроводов.

В зависимости от типа и назначения бассейнов, а также местных условий, т. е. наличия или отсутствия наружной сети канализации и водосто-

ка населённого пункта для сбора и отведения бытовых и технологических сточных вод, различают следующие системы внутренней канализации:

- с отводом сточных вод в наружные сети населённого пункта – объединённые и отдельные;

- с очисткой сточных вод местными установками – отдельные.

Загрязнённые воды собираются от душевых установок и санитарных приборов бытовых помещений бассейна в результате мытья полов, чистки и дезинфекции обходных дорожек и ножных ванн.

При проектировании внутренней канализации в первую очередь решается вопрос, будут ли сточные воды сброшены в сеть населённого пункта или направлены на локальные (местные) очистные сооружения. При наличии наружных сетей канализации населённого пункта целесообразно проектировать объединённую внутреннюю канализационную сеть бассейна с отведением всех сточных вод в сеть населённого пункта. Однако, в этой схеме внутренней канализации следует предусматривать объединение сточных вод от промывки фильтров, от реагентного хозяйства и очистки ванны бассейна со сточными водами от душевых устройств. Это даст возможность нейтрализовать кислые стоки от технологического оборудования щелочными водами от душевых устройств.

Сточные воды от туалетов, ножных ванн и обмывочных душей, мытья полов отводят в систему бытовой канализации. В неканализованных населённых пунктах внутренняя система водоотведения должна быть отдельной.

Внутреннюю бытовую сеть канализации проектируют в соответствии с требованиями СНиП 2.04.01-85. Если отвод сбросных сточных вод в канализацию или водосток самотёком невозможен, то используют приёмные резервуары с насосными или пневматическими установками для перекачки в городскую сеть.

Вместимость приёмных резервуаров определяется в зависимости от максимального притока сточных вод и режима работы автоматически включаемых насосов (не более шести включений за 1 ч). Её можно также рассчитать в соответствии с графиками притока сточных вод и работы насосов.

Расход воды на внутреннее противопожарное водоснабжение в спортивном сооружении. В настоящий момент при проектировании зданий (сооружений) необходимо соблюдать требования, установленные:

- Федеральным законом № 123-ФЗ от 22.07.2008 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (ред. от 03.07.2016);

- нормативными документами, включёнными в Приказ Росстандарта № 474 от 16.04.2014 (ред. от 25.02.2016);

- Федеральным законом № 384-ФЗ от 30.12.2009 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (ред. от 02.07.2013);

- нормативными документами, включёнными в Постановление Правительства РФ № 1 521 от 26.12.2014 (ред. от 29.09.2015).

В настоящий момент к нормативным документам по пожарной безопасности относятся:

– СП 2.13130.2012 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты» (ред. от 23.10.2013);

– СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» (ред. от 01.06.2011);

– СП 10.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности» (ред. от 09.12.2010).

К нормативным документам обязательного применения в области безопасности зданий и сооружений в настоящий момент относится СП 118.13330.2012 (без изменений).

Порядок проведения расчётов по оценке пожарного риска установлен Постановлением Правительства РФ № 272 от 31.03.2009 «О порядке проведения расчётов по оценке пожарного риска».

В отношении общественных объектов Приказом МЧС РФ № 382 от 30.06.2009 (ред. от 02.12.2015) «Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» (зарегистрировано в Минюсте РФ № 14 486 от 06.08.2009).

В настоящий момент требования Федеральным законом № 123-ФЗ в соответствии с п. 4 «Методики определения расчётных величин пожарного» определение расчётных величин пожарного риска заключается в расчёте индивидуального пожарного риска для людей, находящихся в здании. Результаты и выводы, полученные при определении пожарного риска, используются для обоснования параметров и характеристик зданий, сооружений и строений, которые учитываются в настоящей Методике.

Соответственно, в настоящий момент расчётом пожарного риска возможно обосновывать отступление от следующих конкретных противопожарных мероприятий (должны быть выполнены одновременно все условия):

– конкретные противопожарные мероприятия не должны быть утверждены техническими регламентами, в т. ч. Федеральным законом № 123-ФЗ от 22.07.2008;

– конкретные противопожарные мероприятия утверждены только нормативными документами по пожарной безопасности, применение которых на добровольной основе обеспечивает соблюдение требований Федерального закона № 123-ФЗ от 22.07.2008;

– конкретные противопожарные мероприятия учтены в методиках расчёта пожарного риска.

В настоящий момент ряд конкретных требований в области пожарной безопасности утверждён нормативными правовыми актами РФ по пожарной безопасности, устанавливающими обязательные для исполнения

требования пожарной безопасности, в т. ч. Федеральным законом № 123-ФЗ от 22.07.2008.

От требований пожарной безопасности, установленных Федеральным законом № 123-ФЗ от 22.07.2008.

В соответствии со ст. 59 Федерального закона № 123-ФЗ от 22.07.2008 ограничение распространения пожара за пределы очага должно обеспечиваться одним или несколькими из следующих способов:

- устройство противопожарных преград;
- устройство пожарных отсеков и секций, а также ограничение этажности зданий и сооружений.

В соответствии с п. 6 ст. 87 Федерального закона № 123-ФЗ от 22.07.2008 степень огнестойкости зданий, сооружений и пожарных отсеков должна устанавливаться в зависимости от их этажности, класса функциональной пожарной опасности, площади пожарного отсека и пожарной опасности происходящих в них технологических процессов.

Пределы огнестойкости строительных конструкций должны соответствовать принятой степени огнестойкости зданий, сооружений и пожарных отсеков. Соответствие степени огнестойкости зданий, сооружений и пожарных отсеков и предела огнестойкости применяемых в них строительных конструкций приведено в табл. 21 приложения к настоящему Федеральному закону.

Класс конструктивной пожарной опасности зданий, сооружений и пожарных отсеков должен устанавливаться в зависимости от их этажности, класса функциональной пожарной опасности, площади пожарного отсека и пожарной опасности происходящих в них технологических процессов.

Класс пожарной опасности строительных конструкций должен соответствовать принятому классу конструктивной пожарной опасности зданий, сооружений и пожарных отсеков. Соответствие класса конструктивной пожарной опасности зданий, сооружений и пожарных отсеков классу пожарной опасности применяемых в них строительных конструкций приведено в табл. 22 приложения к настоящему Федеральному закону.

В настоящий момент Федеральным законом № 123-ФЗ от 22.07.2008.

В настоящий момент минимально требуемая степень огнестойкости и минимально требуемый класс конструктивной пожарной опасности зданий (сооружений) определяется в соответствии с СП 2.13130.2012, а также в отдельных случаях в соответствии с иными нормативными документами по пожарной безопасности и нормативными документами обязательного применения в области безопасности зданий и сооружений.

Соответственно, можно сделать вывод о том, что в настоящий момент расчётом пожарного риска не возможно обосновывать отступление от требований, установленных СП 2.13130.2012.

Список источников

1. СП 30.13330.2020. СНиП 2.04.01-85*. Внутренний водопровод и канализация зданий (с изм. № 1, 2).
2. СП 31.13330.2021. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
3. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуал. ред. СНиП 2.04.03-85 (с изм. № 1, 2).
4. СП 10.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В АЧИНСКЕ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ ЕЁ КАЧЕСТВА

А. В. Быстранова, студент;

А. Г. Бобрик, старший преподаватель

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В данной работе представлены результаты экологического мониторинга состояния питьевой воды г. Ачинска Красноярского края. Описаны мероприятия по решению задачи бесперебойного обеспечения всего населения качественным централизованным водоснабжением.

Ключевые слова: водоснабжение, водообеспеченность, река, водоочистка, водозабор, водопроводные сети

Красноярский край, несомненно, богат водными ресурсами – по данным учёных, в России по водообеспеченности он занимает лидирующую позицию. На его территории помимо двух крупнейших рек страны Ангары и Енисея находятся более 150 000 рек и 300 000 озёр. Таким образом, удельная водообеспеченность края по поверхностным и подземным водам превышает существующую потребность населения в питьевой воде. Однако отсутствие проблем с качеством и количеством питьевой воды наблюдается, пожалуй, только в краевом центре, это обусловлено неравномерным распределением ресурсов поверхностных и подземных вод по всей территории края.

Ачинск является третьим по численности населения городом в Красноярском крае, однако и качество воды в некоторых районах не соответствует санитарно-химическим и бактериологическим нормам, предъявляемым к воде хозяйственно-питьевого назначения. Об этом неоднократно писали местные средства массовой информации [1–3], били тревогу местные жители, даже администрация пыталась своими силами эту проблему.

Аналитический обзор состояния загрязнения поверхностных вод суши по результатам наблюдений представлен в табл. 1.

Согласно классификации воды водных объектов по повторяемости случаев загрязнённости загрязнённость воды в р. Мазульке по показателям фенолы летучие, токсичность характеризуется как «неустойчивая», по показателям ХПК, БПК₅, аммоний-ион (в пересчёте на азот), железо общее, алюминий, медь, марганец – как «характерная». Загрязнённость воды в пункте наблюдения «устье» по показателям фосфат-ион (в пересчёте на фосфор), цинк характеризуется как «неустойчивая», по показателям сульфат-ион, нитрит-ион (в пересчёте на азот), нитрат-ион (в пересчёте на азот), цинк – как «характерная».

Характеристика качества поверхностных вод суши

Водный объект	Пункт наблюдения	Кол-во показателей, содержание которых превышает ПДК	Коэф. комплексности загрязнённости воды ¹ (%)	Категория воды по значению коэф. комплексности загрязнённости воды ²	УКИЗВ ³	Качество воды по значению УКИЗВ
Р. Мазулька	Г. п. Мазульский	1	3,3	I	5,57	Грязная (класс 4, разряд «б»)
	Выше устья	8	26,7	II	4,42	Грязная (класс 4, разряд «а»)

Примечания: ¹ – Коэффициент комплексности загрязнённости воды (рассчитан по 26 нормируемым показателям); ² – Категории воды водных объектов по значениям коэффициентов комплексности загрязнённости воды: I категория – загрязнённость по единичным показателям; II категория – загрязнённость по нескольким показателям; III категория – загрязнённость по комплексу показателей; ³ – УКИЗВ – удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды (рассчитан по 15 показателям, включённым в «Обязательный перечень» прил. В РД 52.24.643-2002).

Загрязнённость воды в пункте наблюдения «Г. п. Мазульский» по показателю кремний характеризуется как «неустойчивая», по показателям водородный показатель, фосфат-ион (в пересчёте на фосфор), цинк – как «характерная».

Качество воды водных объектов по значениям УКИЗВ определяют р. Мазульку как грязную (4,42–5,57).

Кроме того, в лаборатории дирекции по особо охраняемым природным территориям Красноярского края неоднократно проводился анализ воды из р. Мазульки.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод о том, что жители Мазульского рудника не обеспечены качественной и безопасной питьевой водой, что противоречит СанПиН 2.1.4.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» и СанПиН 2.1.4.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов обитания среды», которым должна соответствовать вода, подаваемая в водопроводную сеть.

Основными показателями работы системы водоснабжения с учётом перечня мероприятий являются повышение качества, надёжности, эффективности работы системы, а также обеспечение доступности услуги для потребителей в части подключения объектов нового строительства.

Основной задачей развития муниципального образования г. Ачинска является бесперебойное обеспечение всего населения качественным централизованным водоснабжением. Для решения данной задачи необходимы следующие направления развития централизованной системы водоснабжения муниципального образования:

- обеспечение централизованным водоснабжением перспективных объектов капитального строительства;
- снижение потерь воды при транспортировке;
- привлечение инвестиций в модернизацию и техническое перевооружение объектов водоснабжения;
- обновление основного оборудования объектов и сетей централизованной системы водоснабжения;
- реконструкция и модернизация водопроводной сети в целях обеспечения качества воды, поставляемой потребителям, повышения надёжности водоснабжения и снижения аварийности.

Для решения текущих задач необходимо предусмотреть следующие мероприятия.

1. Строительство дополнительной скважины в г. п. Мазульском.

2. Подключение неохваченных районов г. п. Мазульского возможно по двум вариантам:

1) присоединение к централизованной системе холодного водоснабжения АО «РУСАЛ Ачинск», необходимо строительство сети ХВС протяжённостью $L = 6\,000$ м (ориентировочно) с установкой повысительной насосной станции;

2) строительство дополнительной скважины с развитием сетей водоснабжения г. п. Мазульского.

Строительство водопроводных сетей необходимо для обеспечения жилых зданий услугой водоснабжения. Реконструкция сетей необходима в связи с тем, что водопроводные сети выработали свой ресурс и нуждаются в замене.

Целью всех мероприятий по строительству, реконструкции и техническому перевооружению объектов централизованной системы водоснабжения города является бесперебойное снабжение населённых пунктов водой, отвечающей требованиям нормативов качества, снижение аварийности и повышение энергетической эффективности оборудования.

Выполнение данных мероприятий позволит гарантировать устойчивую, надёжную работу объектов водоснабжения и получать качественную питьевую воду в количестве, необходимом для обеспечения жителей города.

Список источников

1. Калыгин В. Н. Промышленная экология. М.: МНЭПУ, 2000. 241 с.
2. Качин С. В. Аналитический контроль объектов окружающей среды. Красноярск: КГУ, 2000. 36 с.
3. Поверхностные воды как источник питьевого водоснабжения населённых пунктов Красноярского края // Проблема использования и охраны природных ресурсов Центральной Сибири. Красноярск: КНИИГиМС, 1999. 260 с.
4. Семин В. А. Основы рационального водопользования и охраны водной среды. М.: Высшая школа, 2001. 320 с.
5. Обеспечение населения России питьевой водой: ФЦП // Экоинформ. 2001. № 4. С. 27.
6. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий.
7. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов обитания среды.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВЗВЕШЕННЫМИ ЧАСТИЦАМИ В ПЯТИ ГОРОДАХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ В 2023 ГОДУ

Е. Н. Заворуева¹, д-р биол. наук, профессор;

Н. А. Шахматова¹, магистрант;

В. В. Заворуев^{1,2}, д-р биол. наук, профессор

¹Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

²Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск, Россия

Аннотация. Цель работы состояла в определении максимальных среднесуточных, среднемесячных и среднегодовых концентраций взвешенных частиц ($PM_{2,5}$) в приземной атмосфере городов: Ачинск, Зеленогорск, Канск, Минусинск, Сосновоборск. Эти значения необходимы для расчёта воздухоочистного оборудования для вентиляции жилых домов. С помощью статистического анализа установлено, что среднегодовые концентрации в городах изменяются от 14,8 до 44,5 мкг/м³, а максимальные среднесуточные величины – от 89,2 до 392,2 мкг/м³.

Ключевые слова: атмосфера, загрязнение наружного воздуха, взвешенные частицы, $PM_{2,5}$

Взвешенные твёрдые частицы с аэродинамическим размером меньше или равным 2,5 мкм (далее – $PM_{2,5}$) присутствуют в атмосфере населённых пунктов всех стран мира. Установлено, что при концентрациях этих частиц более 5 мкг/м³ воздушная среда становится неблагоприятной для здоровья людей [1; 2].

В России законодательно (СанПиН 1.2.3685-21) установлено три вида предельно допустимой концентрации $PM_{2,5}$ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений: максимально разовая (160 мкг/м³ – ПДК_{мр}), среднесуточная (35 мкг/м³ – ПДК_{сс}) и среднегодовая (25 мкг/м³ – ПДК_{сг}).

Качество атмосферного воздуха в соответствии с СанПиН 2.1.3684-21 нормируется гигиеническими нормативами.

ГОСТ Р 59 972-2021 регламентирует концентрацию вредных веществ в наружном (атмосферном) воздухе, используемом для вентиляции. Она не должна превышать ПДК в воздухе населённых мест, т. е. величин ПДК, указанных в СанПиН 1.2.3685-21. В ГОСТ Р 59 972-2021 сказано, что если в наружном воздухе наблюдается превышение ПДК некоторых веществ, то должна быть предусмотрена очистка приточного воздуха до ПДК этих загрязнителей.

Для расчёта эффективного воздухоочистного оборудования для вентиляции многоквартирных и индивидуальных жилых домов необходимо знать концентрацию $PM_{2,5}$ в наружном (атмосферном) воздухе.

Росгидромет несколько лет назад стал осуществлять контроль содержания взвешенных частиц в атмосфере нескольких городов РФ, в т. ч. в Красноярске. Однако, результаты измерения среднечасовых и среднесуточных концентраций не предоставляются в открытом доступе.

Краевая система наблюдений, в отличие от Росгидромета, осуществляет мониторинг $PM_{2,5}$ в атмосфере городов Красноярского края с населением менее 100 тыс. чел. Результаты измерения доступны для анализа. Следует обратить внимание на то, что информация об уровне загрязнения воздушной среды таких городов отсутствует как в нормативных документах, так и в научных статьях.

Анализ базы данных за 2023 г. показал, что только в пяти городах с населением менее 100 тыс. чел. выполнены измерения концентраций $PM_{2,5}$ более 300 дней в году. Такой минимум количества дней наблюдения для расчета среднегодовых концентраций регламентирует РД 52.04.667-2005.

В связи с вышесказанным цель работы состояла в определении величин среднегодовых, среднемесячных и максимальных среднесуточных концентраций $PM_{2,5}$ в приземной атмосфере Ачинска, Зеленогорска, Канска, Минусинска, Сосновоборска, а также в установлении периодов загрязнения воздушной среды городов.

Максимальная численность населения в Ачинске на 01.01.2024 составляет 101 тыс. чел. (URL: achinsk.gosuslugi.ru). Минимальное количество людей проживает в Сосновоборске – чуть больше 40 тыс.

Измерение концентрации $PM_{2,5}$ осуществлялось на автоматизированных постах краевой системы наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха, размещённых в Ачинске, Зеленогорске, Канске, Минусинске, Сосновоборске. Расположение постов на территории населённых пунктов показано на сайте (URL: krasecology.ru). В качестве измерительного оборудования использовались анализаторы пыли *Met One* модели *E-BAM*. Эта модель анализаторов зарегистрирована в Государственном реестре средств измерений под номером 57884-14. Измеренные концентрации $PM_{2,5}$ заносятся в базу данных «Измерения СКАТ» (URL: krasecology.ru/Air/SKATMix).

Обработку данных осуществляли с помощью метода описательной статистики, доверительный интервал рассчитывали для вероятности 0,95.

Результаты статистического расчёта среднегодовых концентраций $PM_{2,5}$ в атмосфере городов представлены на рис. 1. Видно, что в Канске и Минусинске среднегодовая концентрация $PM_{2,5}$ в атмосферном воздухе выше ПДКсг приблизительно в 1,2 и 1,8 раза соответственно. Согласно ГОСТ Р 59972-2021 концентрация загрязнений считается высокой, если она превышает установленное значение, но не более чем в 1,5 раза. Концентрация считается очень высокой, если она превышает установленное значение более чем в 1,5 раза. Следовательно, загрязнение взвешенными частицами $PM_{2,5}$ воздушной среды в Канске можно охарактеризовать как высокое, а в Минусинске – как очень высокое.

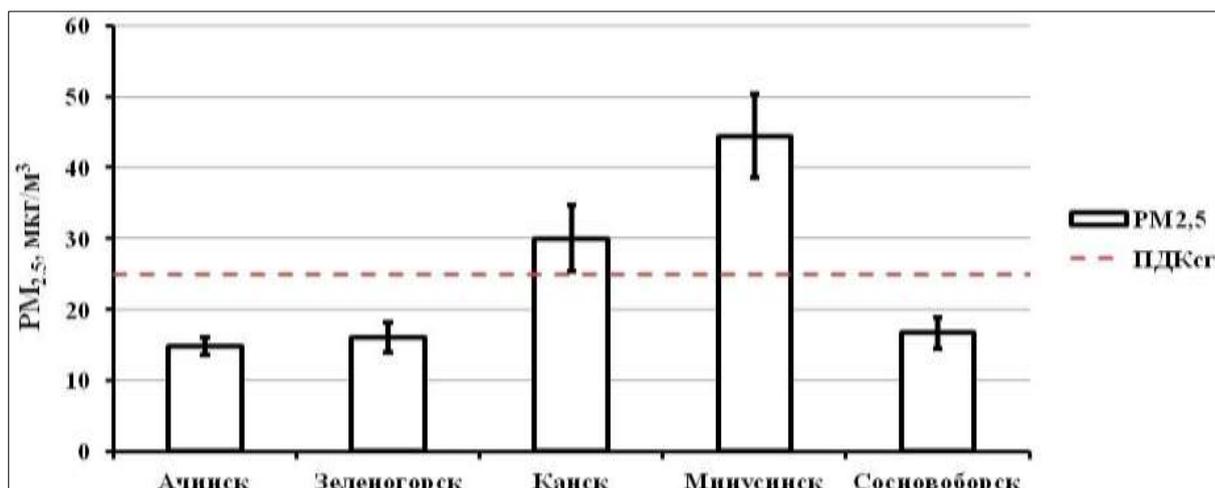


Рис. 1. Среднегодовые концентрации взвешенных частиц $PM_{2,5}$ ($\text{мкг}/\text{м}^3$) в атмосфере пяти городов; пунктирной линией показана величина среднегодовой ПДК для $PM_{2,5}$

Среднегодовые концентрации $PM_{2,5}$ в атмосфере Ачинска, Зеленогорска и Сосновоборска приблизительно одинаковые и равняются $14,8 \pm 1,2$, $16,0 \pm 2,2$, $16,7 \pm 2,2$ $\text{мкг}/\text{м}^3$ соответственно. Эти величины статистически достоверно ниже ПДКср, и, следовательно, состояние атмосферы в трёх городах можно охарактеризовать как чистое.

Среднемесячные концентрации $PM_{2,5}$ в приземной атмосфере пяти городов представлены в табл. 1. Критерием загрязнения служила величина ПДКсс. Все значения концентрации $PM_{2,5}$ выше ПДКсс выделены в табл. 1 жирным шрифтом.

Таблица 1
Среднемесячные концентрации взвешенных частиц $PM_{2,5}$ ср. ($\text{мкг}/\text{м}^3$)
в атмосфере городов и количество дней измерения (N)

Месяц	Ачинск		Зеленогорск		Канск		Минусинск		Сосновоборск	
	$PM_{2,5}$ ср.	N	$PM_{2,5}$ ср.	N	$PM_{2,5}$ ср.	N	$PM_{2,5}$ ср.	N	$PM_{2,5}$ ср.	N
I	17,0±2,9	31	23,8±8,4	31	60,7±20,7	31	67,9±23,0	31	21,1±8,1	31
II	37,5±7,9	28	42,3±8,5	28	117,5±24,7	28	112,1±17,6	28	61,7±14,5	28
III	13,9±2,3	31	7,3±1,4	31	19,5±4,5	30	26,0±5,2	28	10,1±1,8	31
IV	17,3±7,0	14	6,1±1,1	30	15,1±2,8	30	16,2±2,8	30	9,1±1,3	30
V	8,4±1,9	13	6,7±1,4	31	13,9±2,1	31	11,3±1,2	31	10,1±1,7	31
VI	12,0±2,1	30	9,7±1,7	30	13,5±2,5	30	18,8±3,5	30	11,0±2,2	27
VII	10,5±1,1	31	8,1±1,0	24	11,0±1,0	30	12,3±1,0	31	9,9±0,8	31
VIII	9,5±1,2	31	8,4±0,8	25	9,9±1,4	31	13,6±1,4	31	8,6±1,0	31
IX	11,9±2,0	28	8,4±0,7	30	13,5±1,9	30	19,8±3,2	30	10,7±2,2	29
X	13,6±3,1	29	9,5±1,6	31	16,3±3,6	29	37,5±7,2	31	10,0±1,9	31
XI	11,1±1,7	28	17,3±7,2	30	54,3±26,3	9	62,5±12,1	30	15,8±4,9	26
XII	12,9±2,4	19	44,4±15,3	30	69,2±49,7	6	176,6±40,8	22	26,7±11,4	27

Видно, что в городах, приземная атмосфера которых относительно ПДКсг характеризуется как чистая, в течение хотя бы 1 мес. наблюдается загрязнение воздушной среды города. Так, например, в Ачинске в феврале среднемесячная концентрация $PM_{2,5}$ была выше ПДКсс в 1,1 раза; в Зеленогорске в феврале было превышение в 1,2 раза, а в декабре – в 1,3 раза, в Сосновоборске в феврале было превышение в 1,8 раза.

В Канске и Минусинске загрязнение атмосферы наблюдалось в течение 4 мес.: январь, февраль, ноябрь, декабрь. В Канске среднемесячная концентрация $PM_{2,5}$ была выше ПДКсс от 1,6 до 3,4 раза, а в Минусинске – от 1,8 до 5,0 раз.

Таким образом, если оценивать загрязнение атмосферы городов по среднемесячным концентрациям $PM_{2,5}$, то в течение года воздушная среда в населённых пунктах загрязнена от 1 до 4 мес.

Максимальная среднесуточная концентрация $PM_{2,5}$ характеризует самые «жёсткие» условия эксплуатации для работы воздухоочистного оборудования. Величины таких концентраций для каждого города показаны на рис. 2. Видно, что самая низкая максимальная среднесуточная концентрация $PM_{2,5}$ наблюдается в Ачинске ($89,2 \text{ мкг/м}^3$), а самая высокая – в Минусинске ($392,2 \text{ мкг/м}^3$).

На рис. 2 показана максимальная среднесуточная концентрация $PM_{2,5}$, которая наблюдалась в течение всего 2023 г., а в табл. 2 представлены величины максимальных среднесуточных концентраций $PM_{2,5}$, которые наблюдалась в течение каждого месяца. В окрашенных ячейках – значения, представленные на рис. 2. Видно, что самые высокие значения фиксируются в феврале или в декабре.

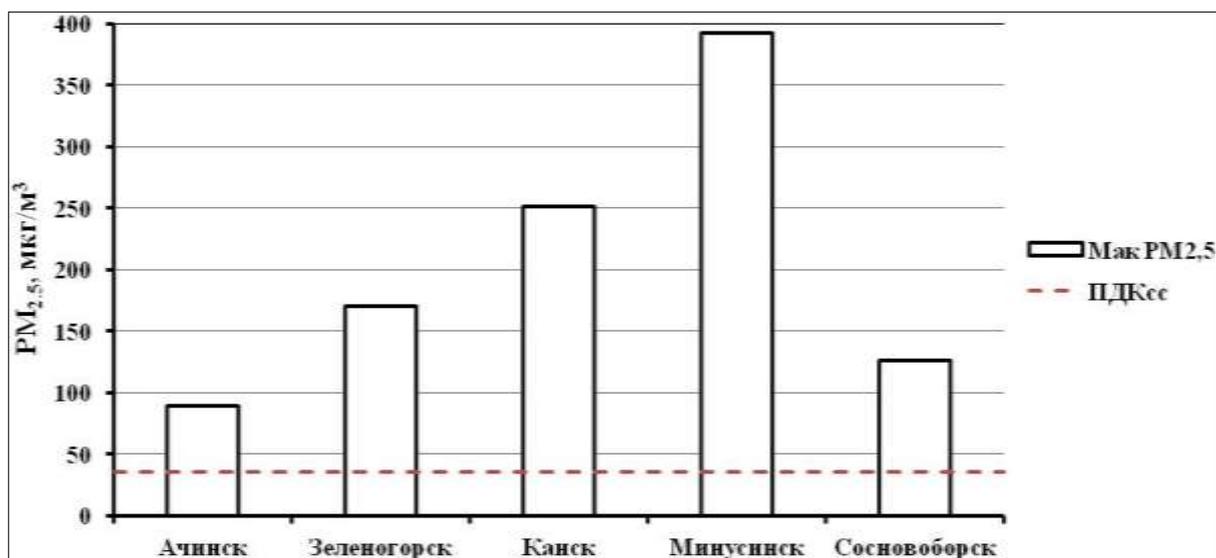


Рис. 2. Максимальные среднесуточные концентрации взвешенных частиц $PM_{2,5}$ (мкг/м³), которые наблюдались в течение 2023 г. в атмосфере пяти городов; пунктирной линией показана величина среднесуточной ПДК для $PM_{2,5}$

Таблица 2

Максимальные среднесуточные концентрации взвешенных частиц $PM_{2,5}$ (мкг/м³), которые наблюдались в течение каждого месяца 2023 г. в атмосфере пяти городов

Месяц	Ачинск	Зеленогорск	Канск	Минусинск	Сосновоборск
I	46,3	84,9	215,2	210,9	108,2
II	89,2	90,3	251,1	188,4	122,2
III	36,5	19,5	53,2	63,0	26,9
IV	42,8	13,0	28,5	28,4	21,6
V	12,8	21,4	26,6	19,8	25,9
VI	25,0	19,3	34,3	43,6	27,3
VII	20,2	14,2	17,4	19,1	16,3
VIII	17,8	12,6	20,7	21,5	14,0
IX	27,6	13,5	23,6	36,6	26,7
X	38,5	19,8	42,6	77,8	23,0
XI	23,7	80,8	130,1	139,8	51,4
XII	21,3	170,6	124,9	392,2	126,2

Максимальная среднесуточная концентрация $PM_{2,5}$ превышает ПДК_{сс}: в Ачинске – в 2,5 раза; в Зеленогорске – в 4,9 раза; в Канске – в 7,2 раза; в Минусинске – в 11,2 раза; в Сосновоборске – в 3,6 раза.

Следовательно, во всех пяти городах самое высокое загрязнение наружного (атмосферного) воздуха наблюдается в зимние месяцы.

Заключение. Измерения концентрации $PM_{2,5}$ выполнены с соблюдением всех нормативных и законодательных требований РФ. Массив таких данных за 2023 г. использовался для определения среднегодовых, среднемесячных и максимальных среднесуточных концентраций в наружном (атмосферном) воздухе Ачинска, Зеленогорска, Канска, Минусинска, Сосновоборска. Полученные значения предназначены для расчёта эффективного очистного оборудования воздуха, используемого для вентиляции жилых помещений. Такое оборудование можно разрабатывать основываясь на том, что концентрация $PM_{2,5}$ воздуха внутри помещения будет меньше или равной ПДК_{сс} (35 мкг/м³), ПДК_{сг} (25 мкг/м³) или безопасной для здоровья (5 мкг/м³).

Список источников

1. Rajagopalan S. Pollution and the Heart / S. Rajagopalan, P. J. Landrigan // The New England Journal of Medicine. 2021. No. 385. P. 1 881–1 892.
2. WHO Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter (PM_{2.5} and PM₁₀), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide. World Health Organization, Geneva 2021. URL: apps.who.int/iris/handle/10665/345329.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕАГЕНТОВ ФИРМЫ PLEXON

С. С. Курилин, аспирант;

Т. А. Курилина, канд. техн. наук, доцент;

Т. Я. Пазенко, канд. техн. наук, доцент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Модельные сточные воды металлообрабатывающих предприятий, содержащие ионы тяжёлых металлов являлись объектом исследования, для обезвреживания данных стоков использовали современные реагенты-комплексобразователи. В результате проведённых исследований были получены оптимальные дозы реагентов и построена математическая модель, позволяющая понять механизм осаждения и образования осадков, в состав которых входят ионы тяжёлых металлов.

Ключевые слова: *очистка сточных вод, ионы металлов, реагенты, оптимальная доза реагентов*

На большинстве металлообрабатывающих предприятий для очистки гальваносточков практически повсеместно используется и ещё долгое время будет использоваться реагентный метод, основанный на переводе ионов тяжёлых металлов в малорастворимые соединения: гидроксиды, сульфиды и фосфаты, т. к. этот метод наиболее универсальный, простой в эксплуатации и дешёвый [1]. Однако, он имеет ряд недостатков: большой расход реагентов, повышенное солесодержание в растворе, а также возможно длительное фильтрование объёмистых студенистых осадков.

Для изучения возможности использования современных реагентов-осадителей фирмы *Plexon* и устройства для очистки сточных вод, содержащих ионы Cu(II) , Ni(II) и Zn(II) , исследовался технологический процесс обезвреживания данных стоков в диапазоне pH 7–10.

Исследования были выполнены в условиях лаборатории, укомплектованной современным оборудованием, и на полупроизводственных моделях. При проведении исследований использовались аттестованные методики определения качественных показателей воды и твёрдой фазы (осадок), а также разработанные и ранее апробированные методики моделирования процессов реагентного обезвреживания сточных вод. Приготовленные растворы сточных вод с заданной концентрацией ионов меди, никеля и цинка предварительно нейтрализовали известью, а затем помещали в конические колбы объёмом 250 мл и вводили разное количество реагентов. Колбы выдерживали при периодическом помешивании в лабораторных условиях (при $t = 20 \pm 3$ °C) в течение 20 мин, после чего раствор фильтровали («синяя лента») и анализировали. Остаточную концентрацию определяли на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой

ICAP-6 500. Результаты эксперимента представлены в табл. 1–4. Построены квадратичные нелинейные зависимости (рис. 1–4) и гистограммы по эффекту очистки, которые позволяют найти оптимальное значение дозы реагентов для извлечения ионов тяжёлых металлов.

Таблица 1

Результаты эксперимента с использованием реагента *Plexon 3 315*

Доза реагента (мг/дм ³)	Величина pH	C _{ост} (мг/дм ³)			Эффект очистки (%)		
		Cu ²⁺	Ni ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Ni ²⁺	Zn ²⁺
0,06	7,0	2,0760	0,1065	1,1380	96,54	99,29	94,31
0,119	8,0	0,3550	0,0368	0,1880	99,40	99,75	99,19
0,238	8,6	0,1260	0,0289	0,1620	99,79	99,81	99,06
0,714	9,1	0,0845	0,0135	0,1323	99,86	99,91	99,34
1,19	10,0	0,0921	0,0187	0,1380	99,85	99,88	99,31
4,76	10,2	0,2230	0,0308	0,1201	99,63	99,79	99,40

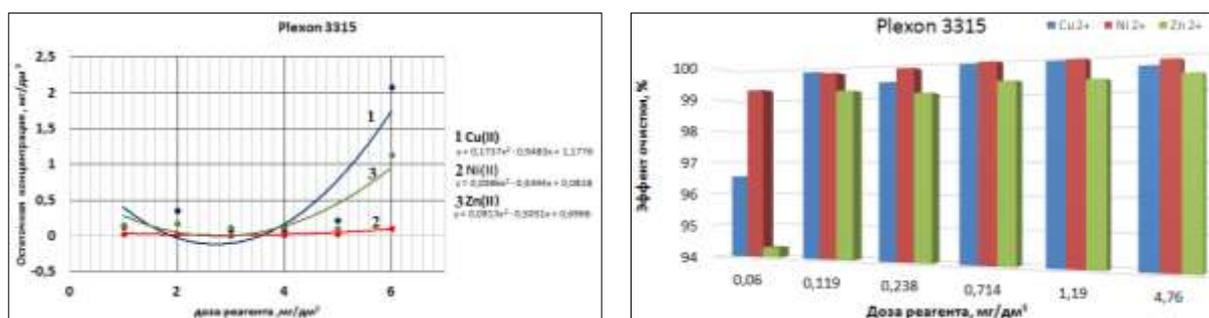


Рис. 1. Графические зависимости остаточной концентрации ионов металлов от дозы реагента *Plexon 3 315* и гистограммы по эффекту очистки

Таблица 2

Результаты эксперимента с использованием реагента *Plexon 5 020*

Доза реагента (мг/дм ³)	Величина pH	C _{ост} (мг/дм ³)			Эффект очистки (%)		
		Cu ²⁺	Ni ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Ni ²⁺	Zn ²⁺
0,06	6,8	1,1230	1,2311	1,8760	98,12	91,79	90,62
0,119	7,0	0,3260	0,0291	0,1432	99,46	99,81	99,40
0,238	7,8	0,5442	0,0268	0,1203	99,09	99,82	99,28
0,714	7,1	0,6043	0,0193	0,1280	98,99	99,87	99,35
1,19	9,0	0,6280	0,0286	0,1291	98,95	99,81	99,36
4,76	10,0	0,8660	0,0743	0,3876	98,56	99,50	98,06

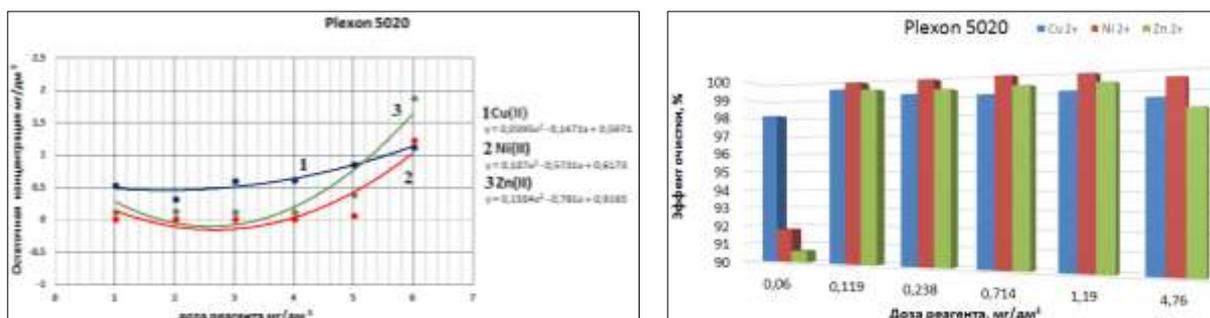


Рис. 2. Графические зависимости остаточной концентрации ионов металлов от дозы реагента *Plexon 5020* и гистограммы по эффекту очистки

Результаты эксперимента с использованием реагента *Plexon 2210* Таблица 3

Доза реагента (мг/дм³)	Величина pH	C _{ост} (мг/дм³)			Эффект очистки (%)		
		Cu ²⁺	Ni ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Ni ²⁺	Zn ²⁺
0,06	7	1,0282	0,9870	1,0121	98,28	93,42	94,94
0,119	8,0	0,4201	0,5113	0,3000	99,49	98,05	98,50
0,238	7,0	0,3070	0,2918	0,3240	99,30	96,59	98,38
0,714	8,0	1,2710	0,07121	0,3580	97,88	99,53	98,21
1,19	8,2	1,2910	0,1113	0,3731	97,73	99,26	98,14
4,76	9,6	1,1630	0,1291	0,4632	97,85	99,14	97,68

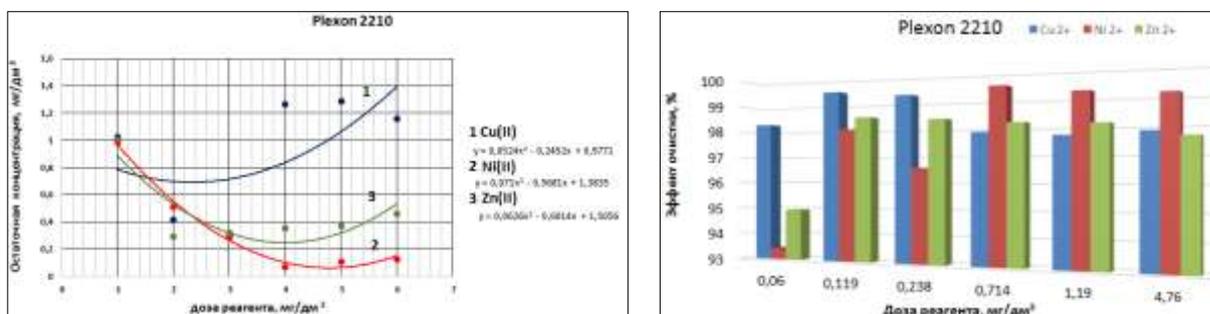


Рис. 3. Графические зависимости остаточной концентрации ионов металлов от дозы реагента *Plexon 2210* и гистограммы по эффекту очистки

Результаты эксперимента с использованием реагента *Plexon 9015* Таблица 4

Доза реагента (мг/дм³)	Величина pH	C _{ост} (мг/дм³)			Эффект очистки (%)		
		Cu ²⁺	Ni ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Ni ²⁺	Zn ²⁺
0,06	8,1	0,3910	0,4344	0,7150	99,34	97,10	96,42
0,119	8,0	0,2910	0,1921	0,5010	99,51	98,72	97,49
0,238	8,0	0,5311	0,3200	0,9080	99,11	97,86	95,46
0,714	8,2	2,1584	1,1560	1,0650	96,40	92,29	94,67
1,19	8,2	3,2144	3,9821	3,0301	94,64	73,46	84,85
4,76	9,8	6,1571	5,9080	4,2650	89,73	60,61	78,67

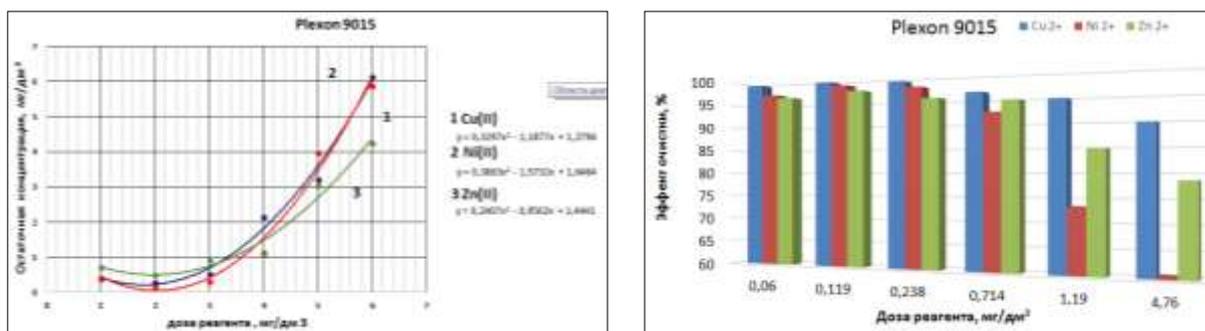


Рис. 4. Графические зависимости остаточной концентрации ионов металлов от дозы реагента *Plexon 9015* и гистограммы по эффекту очистки

Полученные результаты коррелируются с большинством проанализированных данных литературных источников [2]. Найденные опытным путём дозы рекомендуемых реагентов-осадителей показывают, что при увеличении или уменьшении массовой доли снижается степень извлечения ионов металлов, оптимальная доза – 0,7–1,2 мг/дм³.

Для обоснования основных технологических параметров процесса очистки стоков было проведено планирование эксперимента с использованием искусственно приготовленной воды. Математическое описание обработки сточных вод представляет собой матрицу планирования [3], где основные факторы, влияющие на исследуемый процесс и характеризующие его выходные параметры: x_1 – доза реагента (мг/дм³); x_2 – величина pH . В качестве функций отклика: y_1 – остаточной концентрации ионов Cu^{2+} ; y_2 – остаточной концентрации ионов Ni^{2+} ; y_3 – остаточной концентрации ионов Zn^{2+} ; y_4 – объём осадка (%).

Для определения вида зависимости построили эмпирическую линию регрессии y по x и подобрали уравнение регрессии полинома 2-й степени. Для составления экспериментального плана использовали метод Брандона, его обычно применяют в тех случаях, когда нужно быстро и достаточно точно описать сложный технологический процесс на основе полученных экспериментальных данных, т. е. связать в виде уравнений регрессии влияющие факторы процесса с выходными показателями. Постоянными факторами являлись усреднённые концентрации ионов тяжёлых металлов: $C_{исх}^{Cu^{2+}} = 60$ мг/дм³; $C_{исх}^{Ni^{2+}} = 15$ мг/дм³; $C_{исх}^{Zn^{2+}} = 20$ мг/дм³.

Plexon 3 315. Получены уравнения регрессии:

– медь:

$$\hat{y} = 7870,7 \times (-2,6018x_1 + 0,4737x_1^2 + 2,1236) \times (-7,5202x_2 + 0,4072x_2^2 + 34,715);$$

– никель:

$$\hat{y} = 0,2205 \times (-1,7096x_1 + 0,3191x_1^2 + 1,706) \times (-9,099x_2 + 0,5435x_2^2 + 38,681);$$

– цинк:

$$\hat{y} = 0,5144 \times (-1,9841x_1 + 0,3507x_1^2 + 1,8999) \times (-20,554x_2 + 1,2804x_2^2 + 82,905).$$

Plexon 5 020. Получены уравнения регрессии:

– медь:

$$\hat{y} = 0,1037 \times (-0,3709x_1 + 0,0889x_1^2 + 1,0806) \times (1,4587x_2^2 + 0,0872x_2 + 6,9667);$$

– никель:

$$\hat{y} = 0,4467 \times (-3,0718x_1 + 0,5576x_1^2 + 2,3338) \times (-15,76 + 0,5503x_2^2 + 64,735);$$

– цинк:

$$\hat{y} = 0,4333 \times (-2,5779x_1 + 0,4319x_1^2 + 1,9135) \times (-19,047x_2 + 1,1025x_2^2 + 81,054).$$

Plexon 2 210. Получены уравнения регрессии:

– медь:

$$\hat{y} = 0,139 \times (0,7614x_1 - 0,1187x_1^2 + 0,5893) \times (-5,7047x_2 + 0,3312x_2^2 + 25,08);$$

– никель:

$$\hat{y} = 2,8183 \times (-2,1299x_1 + 0,33775x_1^2 + 1,9625) \times (-53,55x_2 + 3,067x_2^2 + 22,853);$$

– цинк:

$$\hat{y} = 0,13569 \times (-0,8516x_1 + 0,1654x_1^2 + 1,3254) \times (-3,4125x_2 + 0,2003x_2^2 + 15,212).$$

Вывод: влияние величины *pH* превалирует над влиянием величины дозы реагента.

Plexon 9 015. Получены уравнения регрессии:

– медь:

$$\hat{y} = 0,1021 \times (1,4977x_1 - 0,187x_1^2 + 0,0087) \times (0,2402x_2^2 - 4,5707x_2 + 20,627);$$

– никель:

$$\hat{y} = 0,8579 \times (1,7939x_1 - 0,2402x_1^2 + 0,13) \times (-1,5707x_2^2 + 28,019x_2 - 122,66);$$

– цинк:

$$\hat{y} = 0,1861 \times (1,244x_1 - 0,162x_1^2 + 0,1974) \times (0,381x_2^2 - 6,6471x_2 + 29,581).$$

Вывод: для никеля и цинка влияние двух факторов практически одинаковое, на остаточную концентрацию меди большее влияние оказывает доза реагента – связано это, возможно, с тем, что сама структура этого реагента очень сложная и основывается на полиэтиленимине, а полимеры, способные образовывать с ионами металлов комплексы, могут быть устойчивы только при определённых *pH* среды.

В результате проведённых исследований можно сделать вывод о том, что использование современных реагентов фирмы *Plexon* позволяет утилизировать отходы металлообрабатывающего предприятия, тем самым снижая техногенное воздействие на окружающую среду.

Список источников

1. Курилин С. С. Оптимизация работы очистных сооружений гальванического производства / С. С. Курилин, О. Г. Григорьева // Водные ресурсы – основа устойчивого развития поселений Сибири и Арктики в XXI в.: матер. 21-й междунар. НПК. Тюмень: ТИУ, 2019.
2. Павлов Д. В. Разработка и внедрение современных технологий очистки сточных вод гальванического производства / Д. В. Павлов, С. О. Вараксин // Вода: технология и экология. 2010. № 2. С. 16–23.
3. Ахназарова С. Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии / С. Л. Ахназарова, В. В. Кафаров. 2-е изд. М.: Высшая школа, 1985. 327 с.

ВЛИЯНИЕ СМЕСИ РАЗЛИЧНЫХ РЕАГЕНТОВ НА ЭФФЕКТ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Т. Я. Пазенко, канд. техн. наук, доцент;

Т. А. Курилина, канд. техн. наук, доцент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Представлены результаты исследований по обработке маслоэмульсионных сточных вод металлургического завода и промывных сточных вод фильтров водозабора с использованием смеси коагулянтов: сульфата алюминия, полиалюминия хлорид железа, полиоксихлорид алюминия, Скиф-180. Дана сравнительная характеристика использования смеси коагулянтов в различных соотношениях. Установлены наиболее эффективные смеси коагулянтов при обработке данных сточных вод.

Ключевые слова: *смесь коагулянтов, промывные воды, нефтепродукты, эффективность очистки*

Очистка природных и сточных вод тесно связана с охраной окружающей среды и является актуальной проблемой современности [1]. В последнее десятилетие отмечено значительное превышение в водах открытых водоёмов содержание нефтепродуктов и других трудноокисляемых соединений в результате сброса недостаточно очищенных сточных вод промышленными и коммунальными предприятиями. Применение смеси традиционных реагентов может позволить решить эколого-экономические проблемы и снизить затраты на очистку стоков за счёт их использования [2].

В настоящее время на очистных станциях водопроводных очистных сооружениях, а также на станциях очистки промышленных сточных вод металлургических предприятий наибольшее распространение получили коагулянты на основе алюминия и железа, но всё же преобладающим реагентом является коагулянт на основе алюминия.

Поскольку при использовании солей железа в качестве коагулянта образуются с некоторыми органическими соединениями, содержащимися в сточной воде, сильно окрашенные растворимые комплексы; кроме того, образующиеся хлопья имеют менее развитую поверхность; также соли железа имеют сильные кислотные свойства, что приводит к коррозии аппаратуры [3].

Цель работы – изучение эффекта синергизма, т. е. смеси известных реагентов, таких как:

- сульфат алюминия (СА) с активной частью по Al_2O_3 18 %;
- полиалюминия хлорид железа (ПАХЖ) с активной частью по Al_2O_3 не менее 28 % и $Fe_2O_3 \geq 2,5$ %;

– полиоксихлорид алюминия Аква-Аурат™30 (ПОХА) с активной частью по Al_2O_3 30 %;

– Скиф-180 с активной частью по Al_2O_3 не менее 18 %.

Предлагаемые реагенты в сравнении с традиционным реагентом СА обладают следующими преимуществами:

– уменьшение времени коагуляции в 1,5–3,0 раза;

– эффективная очистка воды в широком диапазоне температур от 1 до 9 °С;

– значительное снижение или полное отсутствие остаточного алюминия в очищенной воде;

– исключение или резкое уменьшение гипсовых отложений в технологическом оборудовании и трубопроводах;

– возможность отказа от значительных доз флокулянтов;

– снижение бактериального загрязнения до 98 %, что позволяет уменьшить до минимума дозу первичного хлорирования;

– значительное снижение объёма осадка в отстойниках;

– более эффективная очистка от нефтепродуктов, органических, минеральных и других загрязнений.

Исследование механизма действия различных соотношений смеси реагентов для разработки на этой основе наиболее эффективных технологий обезвреживания сточных вод.

Используемые в настоящее время современные реагенты редко представляют индивидуальные химические вещества, а чаще – композиции из нескольких соединений.

Из литературных источников [4–7] известно, что совместное применение коагулянтов при условии нахождения их оптимальных соотношений, режимов ввода и перемешивания с обрабатываемой водой позволяет в наибольшей степени использовать преимущества каждого реагента при одновременной эффективности процесса очистки и минимизировать недостатки коагулянта.

Действие смесей электролитов на коллоидные системы специфично. При коагуляции золью смесями электролитов они очень редко действуют независимо друг от друга (аддитивность). Чаще происходит противодействие их друг другу (антагонизм) либо усиление коагулирующего действия (синергизм) каждого из них. Под синергизмом понимают комбинированное действие двух веществ, при котором общий эффект превышает действие, оказываемое каждым компонентом в отдельности, поэтому часто суммарное воздействие смеси коагулянтов превышает действие каждого из них, взятого в отдельности. Если ионы-коагуляторы отличаются по величине заряда, то коагулирующая способность иона с меньшим зарядом подавляется полизарядным и наблюдается явление антагонизма. Синергизм же возникает, если между электролитами смеси происходит химическая реакция, в результате которой образуется многозарядный ион, обладающий более высокой коагулирующей способностью [8].

Для исследования эффекта синергизма на кафедре инженерных систем зданий и сооружений ИСИ СФУ были проведены экспериментальные исследования с использованы натуральных вод металлургического завода, отобранные на выходе из нефтеловушки и промывных вод фильтров станции водоподготовки водозабора «Гремячий лог» Красноярска.

Пробы объемом 1 000 мл обрабатывались коагулянтами в соотношениях 0,5:0,5; 0,75:0,25; 0,25:0,75 от дозы коагулянта 5 мг/дм³.

Смесь коагулянтов вводили в обрабатываемую сточную воду одновременно, затем после перемешивания на флокуляторе марки ПЭ-0244*, вводили флокулянт праестол в дозе 1 мг/дм³. Обработанную таким образом сточную воду отстаивали в течение 2 ч и фильтровали.

В обработанной таким образом сточной воде для металлургического завода определяли остаточную концентрацию нефтепродуктов, величину *pH* и объем образующегося осадка. Результат эксперимента представлен в табл. 1.

Таблица 1

Влияние смеси исследуемых коагулянтов и их соотношений на эффективность очистки нефтесодержащих сточной воды

Соотношение исследуемых коагулянтов	Показатели		
	<i>C</i> (мг/дм ³)	<i>pH</i>	Объем осадка (%)
<i>СА и ПОХА</i>			
0,5:0,5	0,57	7,2	7,35
0,25:0,75	0,55	7,19	8,04
0,75:0,25	0,69	7,23	8,05
<i>Полиалюминия хлорид железа и ПОХА</i>			
0,5:0,5	0,22	7,2	4,14
0,25:0,75	1,17	7,24	4,64
0,75:0,25	0,69	7,3	9,66
<i>СА и полиалюминия хлорид железа</i>			
0,5:0,5	0,81	7,3	9,98
0,25:0,75	0,96	7,31	8,75
0,75:0,25	0,73	7,35	8,04
<i>C</i> _{исх} , мг/дм ³	147,5	6,9	–

Для промывных вод фильтров были определены следующие показатели: мутность, цветность, величина *pH* и объем осадка. Результаты эксперимента представлены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние смеси исследуемых коагулянтов и их соотношений
на эффективность очистки сточной воды

Соотношение исследуемых коагулянтов	Мутность (мг/дм ³)	Цветность (°)	pH	Объём осадка (%)
<i>СА и ПОХА</i>				
0,5:0,5	0,958	15,968	7,01	3,1
0,25:0,75	0,848	15,568	7,13	2,5
0,75:0,25	1,231	16,666	7,01	2,2
<i>ПОХА и ПАХЖ</i>				
0,5:0,5	0,438	9,82	7,7	2,4
0,25:0,75	0,246	9,78	7,5	2
0,75:0,25	0,219	7,385	7,387	3
<i>ПАХЖ и СА</i>				
0,5:0,5	0,492	8,982	6,98	3
0,25:0,75	0,355	8,483	7,06	2,2
0,75:0,25	0,438	10,778	7,34	2
<i>ПОХА и Скиф-180</i>				
0,5:0,5	0,547	4,391	7,299	1,2
0,25:0,75	0,273	4,291	7,237	2,1
0,75:0,25	0,930	13,273	7,18	2,1
<i>ПАХЖ и Скиф-180</i>				
0,5:0,5	0,109	4,191	7,359	3
0,25:0,75	1,231	16,866	7,386	1,8
0,75:0,25	2,463	32,035	7,397	2
Исходная концентрация загрязнений в сточной воде $C_{исх}$	64,36	10,978	7,07	–

Как видно из табл. 1, величина pH во всех пробах меняется незначительно; объём осадка наименьший при использовании смеси коагулянтов полиалюминия хлорид железа и ПОХА в соотношениях 0,5:0,5 и 0,25:0,75; наилучший эффект очистки наблюдается при применении композиции коагулянтов полиалюминия хлорид железа и ПОХА в соотношении 0,5:0,5 несмотря на то что при использовании этих коагулянтов в отдельности остаточная концентрация нефтепродуктов в сточной воде значительно выше, что можно объяснить суммарным воздействием коагулирующих ионов превышающим действие каждого из них, взятого в отдельности.

Как видно из табл. 2, величина pH сточной воды при смеси коагулянтов СА и ПОХА практически не меняется по сравнению с исходной, мутность воды снижается во всех пробах, но наилучший эффект очистки

наблюдается при применении смеси коагулянтов в соотношении 0,25:0,75, цветность воды увеличилась по отношению к исходной, наибольший объём осадка – при соотношении коагулянтов 0,5:0,5, наименьший – при 0,75:0,25.

При комбинации коагулянтов ПАХЖ и СА величина *pH* сточной воды при соотношении 0,72:0,25 смещается в щелочную сторону, при 0,25:0,75 практически не меняется, при соотношении 0,5:0,5 смещается в кислую сторону. Мутность значительно снижается при соотношении 0,25:0,75, цветность воды во всех пробах уменьшилась, наибольший объём осадка образуется при соотношении 0,5:0,5, наименьший – при 0,75:0,25. Наилучший эффект по мутности и цветности получен при использовании смеси коагулянтов ПОХА и Скиф-180 в соотношении 0,25:0,75, *pH* меняется незначительно во всех пробах, наименьший объём осадка образуется при соотношении реагентов 0,5:0,5.

Наилучший эффект очистки по мутности наблюдается при использовании смеси коагулянтов ПОХА и ПАХЖ в соотношении 0,25:0,75, а по цветности – при соотношении коагулянтов 0,75:0,25, наибольший объём осадка образуется при этом же соотношении реагентов.

Таким образом, при использовании смеси различных коагулянтов наблюдается явление синергизма, что можно объяснить понижением порога коагуляции.

Список источников

1. Волкова М. А. Очистка сточных вод с использованием реагентов различного происхождения / М. А. Волкова, Т. В. Ведерникова // Вестник ПГНИУ. 2012. № 1 (5).
2. Гетманцев С. В. Очистка промышленных сточных вод коагулянтами и флокулянтами / С. В. Гетманцев и др. М.: АСВ, 2008. 272 с.
3. Гришин Б. М. Реагентная обработка поверхностных природных вод алюмосодержащими коагулянтами: моногр. / Б. М. Гришин и др. Пенза: ПГУАС, 2016. 140 с.
4. Сколубович Ю. Л. Очистка и утилизация промывных вод скорых фильтров станций обезжелезивания / Ю. Л. Сколубович, Е. Л. Войтов и др. // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 9. Ч. 1. С. 34–41.
5. Сколубович Ю. Л. Реагентная очистка промывных вод фильтров / Ю. Л. Сколубович, Т. Я. Пазенко, А. Ф. Колова и др. // Известия вузов. Строительство. 2018. № 6. С. 27–37.
6. Сафронов М. А. Исследование технологии реагентной обработки поверхностных природных вод смешанными минеральными коагулянтами // Инженерный вестник Дона. 2019. № 1. С. 1.
7. Войтов Е. Л. Очистка и повторное использование промывных вод водоочистных станций / Е. Л. Войтов, Ю. Л. Сколубович, Т. Я. Пазенко и др. // Труды НГАСУ. 2017. Т. 20. № 3. С. 84–91.
8. Гефман М. И. Коллоидная химия / М. И. Гефман, О. В. Ковалевич, В. П. Юстратов. 5-е изд. СПб.: Лань, 2010. С. 334–336.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДООТВОДЯЩЕЙ СЕТИ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА КОТТЕДЖНОГО ПОСЁЛКА

Л. В. Приймак, канд. техн. наук, доцент;

Д. Ю. Пильвелис, студент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Предложен вариант комбинированной схемы водоотводящей сети поверхностного стока коттеджного поселка с целью снижению её стоимости строительства; выполнены сравнительные технико-экономические расчёты вариантов схем прокладки сети с учётом изменения её структурных элементов.

Ключевые слова: *коттеджный посёлок, водоотводящая сеть поверхностного стока, лотки, дождеприёмные колодцы, технико-экономический расчёт, стоимость строительства*

Разработка эффективной системы отведения дождевой воды с застроенной территории является важной задачей для защиты окружающей среды, улучшения благоустройства и обеспечения инженерной подготовки местности. При разработке проекта сетей для отвода дождевой воды из населенного пункта необходимо рассмотреть различные варианты с учётом рельефа местности, геологических и гидрогеологических условий, а также расположения объектов и коммуникаций, и следовать нормативным требованиям. Выбор оптимального решения должен основываться на санитарно-гигиенических показателях и технико-экономических аспектах различных вариантов, рассмотренных в организации сбора и отведения дождевой воды на территории коттеджного посёлка (рис. 1).

Актуальность работы заключается в оценке наиболее эффективной и рациональной схемы водоотведения поверхностного стока коттеджного посёлка, позволяющей минимизировать затраты на её прокладку с сохранением надёжного функционирования.

Целью работы являлось запроектировать водоотводящую сеть поверхностного стока по наиболее экономичному варианту.

Для решения поставленной цели определены следующие задачи:

1) изучение требований нормативных документов в области водоотведения поверхностного стока и благоустройства малоэтажной индивидуальной застройки;

2) оценка рельефа местности территории коттеджного посёлка и назначение вариантов схем водоотведения поверхностного стока;

3) проведение технико-экономического расчёта вариантов схем водоотводящей сети в соответствии с НЦС 81-02-14-2023;

4) анализ полученных результатов проектирования и расчёта водоотводящей сети.

Согласно СП 32.13330.2018 для водоотведения поверхностных вод предусмотрен самотечный режим. Для малонаселённых пунктов возможно создание как закрытых систем отведения воды, так и открытых систем с использованием различных искусственных и природных элементов рельефа. Важными элементами водоотводящей системы также являются дождеприёмные колодцы.



а



б

Рис. 1. Варианты схем водоотводящей сети поверхностного стока коттеджного посёлка:
а – закрытая схема; *б* – комбинированная схема с лотками

По первому варианту рассматривалась закрытая сеть с отслеживанием участков сети вдоль проездов и подъездных путей. С целью удешевления водоотводной сети предложен другой способ отвода стока воды, при котором сбор стока между коридорами между жилыми домами обеспечивается открытыми лотками, не мешающими движению автомобиля и пешеходов [2]. Проектирование открытой части сети предусмотрено в соответствии с рекомендациями СП 32.13330.2018 (п. 6.5.2–6.5.5).

Лотки подключаются к закрытой сети через источник со стопорным элементом. Главный коллектор, расположенный вдоль тальвега, включает в себя семь секций замкнутой сети.

Сравнение конструктивных параметров предлагаемых вариантов схем представлено в табл. 1.

Таблица 1

Параметры вариантов схем водоотводящей сети
поверхностного стока посёлка

Параметры сравнения	Варианты схем трассировки	
	Закрытая схема (трубопроводы)	Комбинированная схема (лотки, трубопроводы)
Протяжённость закрытой сети (м)	2 450	585
Протяжённость открытой части сети (лотков) (м)	–	3 730
Количество пескоуловителей в зоне проездов между жилыми зданиями (шт.)	–	31
Количество дождеприёмных колодцев на участках улиц (шт.)	32	21

Вычисление расходов поверхностного стока и расчёт гидравлики участков сети проводятся с учётом принятых инженерных решений и требований СП 32.13330.2018 (прил. Ж) и справочных данных [3; 4]. При анализе систем водоотведения поверхностного стока в самотечных сетях расходы дождевых вод рассчитываются с использованием приёмом предельных интенсивностей.

Гидравлические параметры движения поверхностного стока в системе дренажа определены в соответствии с требованиями СП 32.13330.2018 (п. 5.4.2–5.4.6), учитывая минимальные размеры каналов и труб. Максимальная расчётная скорость движения стока для полимерных труб составляет 10 м/с. Расчётное заполнение каналов в лотках определено как 0,7–0,75 диаметра (высоты), а для трубопроводов допускается полное заполнение.

Для устройства водоотводящей сети приняты полиэтиленовые трубы. Конструкция и материал лотков (по рекомендациям производителя «Группа компаний “СК-Союз”») – пластиковые лотки со стальными решётками.

Расчётные значения расходов на участках сети, учитывающие схему водоотведения и результаты гидравлического расчёта, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Расчёт расходов поверхностного стока
на участках коллектора водоотводящей сети

Участок	Площадь стока F (га)	Продолжительность протекания стока t_r (мин)	Расход дождевых сточных вод Q_r (л/с)
1–2	0,11	5,42	1,65
2–3	0,23	5,36	3,32
3–4	0,27	5,34	3,93
4–5	0,57	5,34	8,1
5–6	0,68	5,44	8,89
6–7	0,79	5,4	9,67
7–ОС	0,93	5,6	13,14

Для технико-экономического анализа предложенных вариантов прокладки водоотводящей сети был произведён расчёт стоимости строительства в соответствии с НЦС 81-02-14-2023 [6] с учётом корректирующих коэффициентов, приведённых в технической части данного сборника (табл. 3). Стоимость лотков и пескоуловителей принята по данным производителя («Группа компаний “СК-Союз”»).

Исходные данные, принятые в расчётах стоимости строительства:

- материал труб – полиэтилен;
- вид открытой части водоотведения – лоток водоотводный ЛВ-10.14,5.5,5;
- средняя глубина заложения труб – 2 м;
- перевозка разработанного грунта самосвалами на расстояние 1 км для временного размещения;
- засыпка разработанным грунтом;
- регион строительства – центральная часть Красноярского края.

**Показатели расчёта стоимости
строительства водоотводящей сети (тыс. руб.)**

Показатели расчёта	Варианты схем трассировки	
	закрытая схема (трубопроводы)	комбинированная схема (лотки, трубопроводы)
Стоимость закрытой сети	25 268,11	6 159,1
Стоимость открытой части сети	–	6 714,13
Стоимость пескоуловителей	–	0,025
Стоимостьждеприёмных колодцев	0,22	0,14
Строительная стоимость	25 268,33	12 873,4

Выводы

1. Рельеф местности является приоритетным критерием при выполнении трассировки водоотводящей сети поверхностного стока.

2. Нормативные требования СП 32.13330.2018 и СП 42.13330.2016 допускают проектировать открытые сооружения для сбора поверхностного стока на территории малоэтажной индивидуальной застройки.

3. Выполнена сравнительная технико-экономическая оценка по альтернативным вариантам в соответствии с НЦС 81-02-14-2023 с учётом корректирующих коэффициентов.

4. Снижение стоимости водоотводящей сети посёлка с 25 268,33 до 12 394,9 тыс. руб. (на 51 %) достигается при проектировании значительной её части открытым способом.

Список источников

1. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения.
2. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуал. ред. СНиП 2.07.01-89*.

3. СП 131.13330.2020. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология.
4. Рекомендации по расчёту систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты ОАО «НИИ ВОДГЕО». 2015.

5. Лукиных А. А. Таблицы для гидравлического расчёта канализационных сетей и докеров по формуле акад. Н. Н. Павловского: справ. пособие / А. А. Лукиных, Н. А. Лукиных. 4-е изд. М.: Стройиздат, 2014. 156 с.

6. Об утверждении укрупнённых нормативов цены строительства «Укрупнённые нормативы цены строительства. НЦС 81-02-14-2023. Сб. № 14. Наружные сети водоснабжения и канализации»: Приказ Минстроя России № 159/пр от 06.03.2023.

РАСЧЁТ КОМПЕНСАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ТРУБ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА ПОВЫШЕННОЙ ТЕРМОСТОЙКОСТИ

Л. В. Приймак, канд. техн. наук, доцент;

К. И. Романова, студент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Определены условия бесканальной прокладки трубопровода для транспортирования горячей воды хозяйственно-питьевого назначения с оценкой необходимости мероприятий по компенсации температурных деформаций; выполнены расчёты максимального удлинения участков трубопровода и длины компенсирующего плеча с учётом условий монтажа.

Ключевые слова: *вода хозяйственно-питьевого назначения, бесканальная прокладка труб, гидростатическое напряжение, температурные деформации, коэффициент линейного расширения, максимальное удлинение трубопровода*

Для транспортирования горячей воды хозяйственно-питьевого назначения эффективно применяются трубы из полиэтилена повышенной термостойкости *PE-RT* тип II (*Polyethylene of Raised Temperature resistance*) [1]. Полиэтилен *PE-RT* обладает уникальной молекулярной структурой, что позволяет достичь высоких показателей сопротивления гидростатическому напряжению в интервале температур эксплуатации от 0 до +95 °С. Трубы *PE-RT* выпускаются в соответствии с ТУ 2248-012-54432486-2013 с учётом ГОСТ 32 415-2013 в части технических требований [2; 3].

При бесканальной прокладке труб *PE-RT* выполняются расчёты для оценки необходимости применения специальных компенсаторов температурной деформации, а также промежуточных неподвижных опор.

Цель работы – оценить необходимость применения компенсаторов для труб из полиэтилена повышенной термостойкости *PE-RT* при бесканальной прокладке трубопровода.

Задачи:

- 1) определить исходные и эксплуатационные условия для расчёта;
- 2) рассчитать величину максимального удлинения участков трубопровода;
- 3) оценить расчётные значения для монтажа трубопровода с учётом принятых условий.

Трассировка трубопроводов *PE-RT* выбирается исходя из требований действующей нормативной документации по проектированию сетей инженерно-технического обеспечения. В общем случае применяются следующие принципы построения трассы:

– избегать прямолинейных участков, расположенных между двумя неподвижными точками (неподвижными опорами или установленным оборудованием);

– обеспечивать достаточную гибкость ответвлений, путем расположения углов поворота на ответвлениях вблизи врезок в основной трубопровод;

– прямолинейные участки трубопроводов перед вводами в здания не должны превышать 10 м.

Компенсация температурных удлинений осуществляется, как правило, за счёт самокомпенсации отдельных участков трубопровода. Установку компенсирующих устройств следует предусматривать в тех случаях, когда расчетом выявлены недопустимые напряжения в элементах трубопровода или недопустимые усилия на присоединенном к нему оборудовании, кроме случаев подземной бесканальной прокладки.

Проверка длины компенсирующего плеча производится для трубопроводов при диаметре более 110 мм. Для трубопроводов менее 110 мм при прокладке трубопровода «змейкой» длина прямого участка не нормируется, а нагрузки на элементы конструкций не рассчитываются.

Расчётные величины продольных перемещений участков трубопровода определяются в зависимости от максимального повышения температуры стенок труб (положительного расчётного температурного перепада) и внутреннего давления (удлинение трубопровода) и от наибольшего понижения температуры стенок труб (отрицательного расчётного температурного перепада) при отсутствии внутреннего давления в трубопроводе (укорочение трубопровода) [4].

Определение усилий, возникающих в отдельных элементах трубопровода от воздействия температурных и других перемещений, производится методом статически неопределимых стержневых систем. Входящие в расчётные уравнения механические характеристики (расчётные сопротивления, модули ползучести) принимаются с учётом их зависимости от продолжительности действия нагрузки и от температуры согласно требованиям СН 550 [5].

Максимальное удлинение трубопровода Δl (м) определяется с учётом материала труб в соответствии с формулой:

$$\Delta l = \alpha \times L \times \Delta t, \quad (1)$$

где α – коэффициент линейного расширения для труб PE-RT – 0,18 мм/м×°C [6]; L – проектная длина участка трубопровода (м); Δt – расчётная разница температур (между рабочей температурой и температурой монтажа) (°C).

На рис. 1 представлены графические зависимости максимального удлинения трубы от разности температур и проектной длины участка.

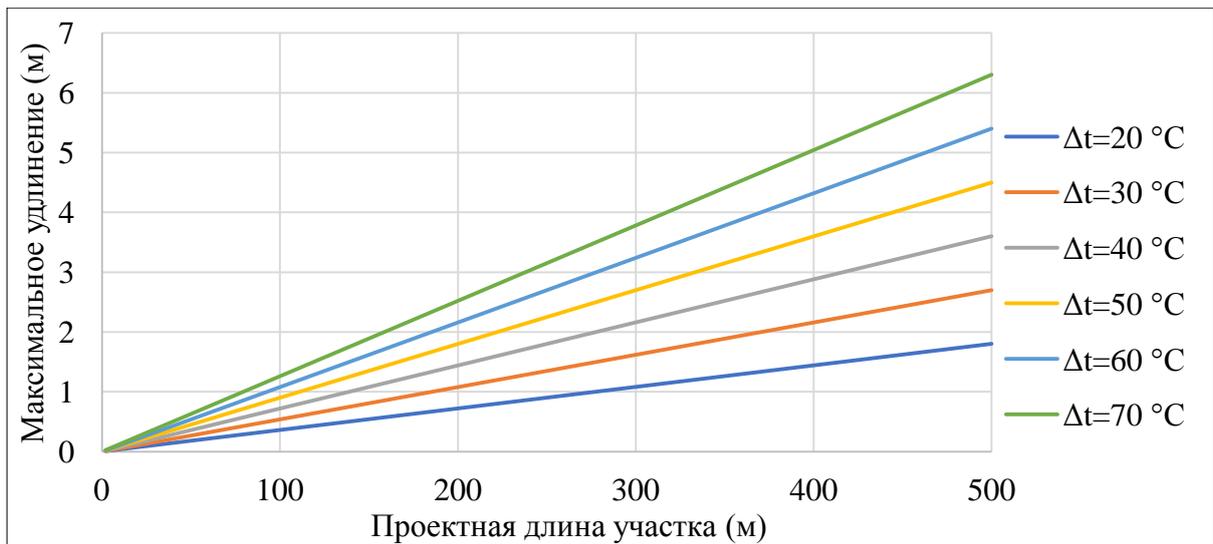


Рис. 1. Зависимости максимального удлинения трубы от проектной длины участка

Максимальное удлинение трубопровода для избегания возникновения напряжений, превышающих расчётные, подлежит компенсации за счёт устройства П-, Г- или Z-образных компенсаторов, при этом длина компенсирующего плеча $L_{\text{комп}}$ (м) определяется по формуле

$$L_{\text{комп}} = k \times \sqrt{d \times \Delta l}, \quad (2)$$

где k – коэффициент материала, для труб PE-RT $k = 30$; D – наружный диаметр трубопровода (мм); Δl – максимальное удлинение трубопровода (мм).

Рис. 2 демонстрирует возможность определения удлинения компенсирующего плеча в зависимости от диаметра трубопровода.

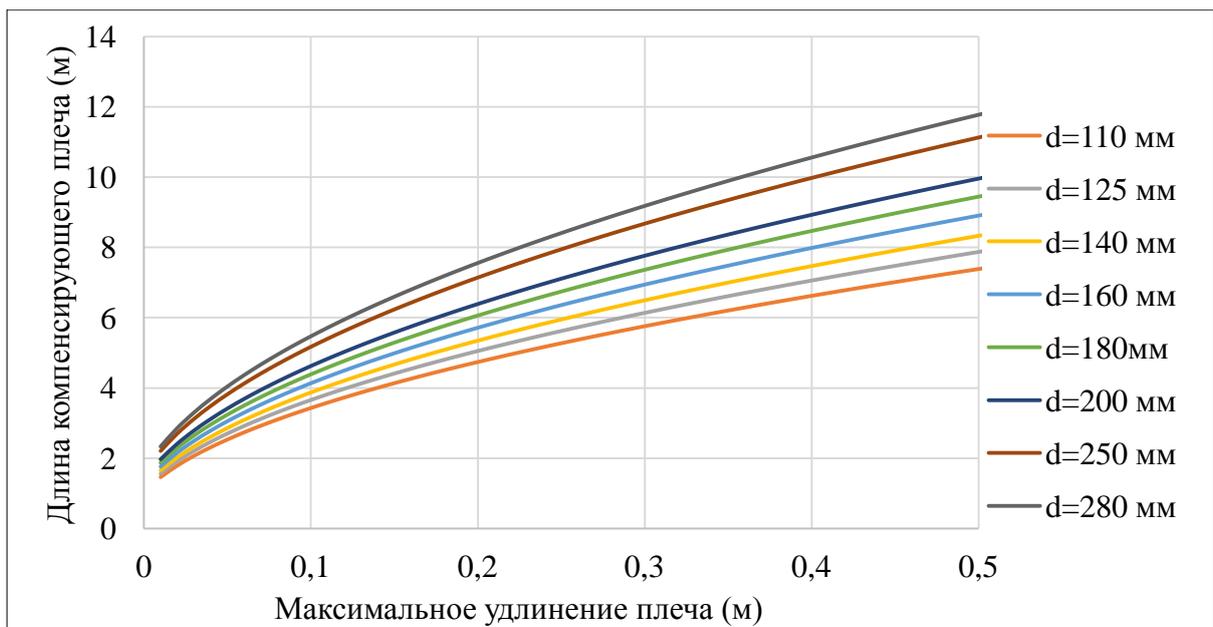


Рис. 2. График зависимости длины компенсирующего участка от диаметра трубопровода

Для расчёта приняты следующие исходные данные: вид труб – трубы из полиэтилена повышенной термостойкости *PE-RT* тип II; диаметр труб – 160 мм; температура теплоносителя $T_{\text{ср}} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$; температура окружающей среды при монтаже труб $T_{\text{монт}} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$; длина участков показана на схеме (рис. 1).

Максимальное удлинение считается от точки мнимой неподвижной опоры, т. е. $L_2 = 25 \text{ м}$.

$$\Delta l_1 = 0,18 \times 100 \times 60 = 1\,080 \text{ мм};$$

$$\Delta l_2 = 0,18 \times 25 \times 60 = 270 \text{ мм};$$

$$\Delta l_3 = 0,18 \times 50 \times 60 = 540 \text{ мм}.$$

Расчётная разница температур: $\Delta t = T_{\text{ср}} - T_{\text{монт}} = 60 - 0 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$L_{\text{комп}} = 30 \times \sqrt{160 \times 1080} = 12\,470 \text{ мм} = 12,47 \text{ м}.$$

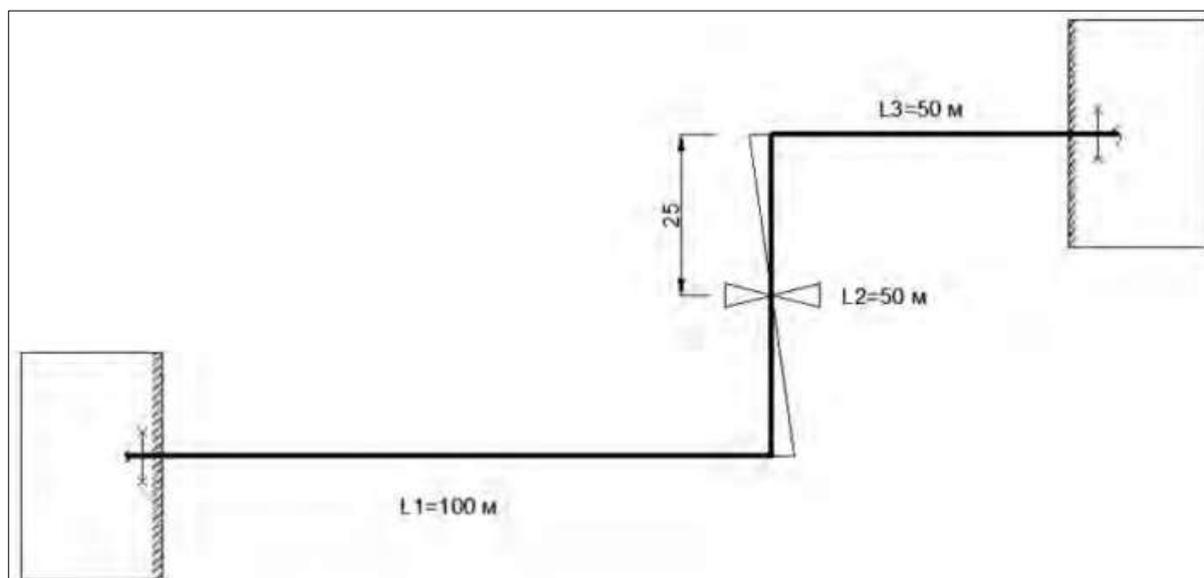


Рис. 3. Схема прокладки трубопровода

Т. к. длина компенсирующего плеча меньше расстояния до ближайшей мнимой опоры, дополнительная компенсация не требуется.

Максимальное удлинение трубопровода для трубопроводов при бесканальной прокладке не нормируется, т. к. полностью компенсируется трением трубопровода о грунт. При канальной прокладке величина $L_{\text{комп}}$, определяемая в соответствии с формулой (2), не должна превышать расстояния от угла поворота до ближайшей опоры.

При компенсации температурных расширений за счёт использования П-образных компенсаторов, длина плеча параллельного трассе принимается равным половине компенсирующего плеча.

По результатам работы сделаны следующие выводы.

1. Трубы из полиэтилена повышенной термостойкости *PE-RT* эффективно применяются для транспортирования горячей воды.

2. Расчёты показали, что трубы *PE-RT* обладают способностью компенсировать температурные деформации.

3. Характеристики труб *PE-RT* позволяют применять их без необходимости применения компенсаторов и неподвижных опор.

Список источников

1. СТО 54432486-002-2017. Трубы гофрированные двухслойные из полипропилена ТЕХСТРОЙ ПП и из полиэтилена ТЕХСТРОЙ ПЭ для подземных безнапорных трубопроводов.

2. ТУ 2248-012-54432486-2013. Трубы напорные ТЕХСТРОЙ TR из полиэтилена повышенной теплостойкости PE-RT тип II, неизолированные.

3. ГОСТ 32415-2013. Трубы напорные из термопластов и соединительные детали к ним для систем водоснабжения и отопления. Общие технические условия.

4. СП 41-107-2004. Проектирование и монтаж подземных трубопроводов горячего водоснабжения из труб ПЭ-С с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке.

5. СН 550-82. Инструкция по проектированию технологических трубопроводов из пластмассовых труб.

ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ВОДООТВОДЯЩЕГО КОЛЛЕКТОРА С УЧЁТОМ ПОДКЛЮЧЕНИЯ НОВЫХ ОБЪЕКТОВ

Л. В. Приймак, канд. техн. наук, доцент;

Н. Н. Румянцев, студент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Предложены расчёты по оценке пропускной способности водоотводящего коллектора при расширении жилой зоны посёлка и возможности присоединения производственного предприятия; даны рекомендации, позволяющие выполнить прогностический расчёт бытовой водоотводящей сети с учётом количества присоединяемых санитарно-технических приборов.

Ключевые слова: *коттеджный посёлок, жилая застройка, инженерные коммуникации, бытовые сточные воды, водоотводящая сеть, водоотводящий коллектор, пропускная способность, самоочищающая скорость, гидравлический расчёт*

В настоящее время жилые дома современных загородных посёлков оснащаются практически всеми необходимыми коммуникациями для полноценной комфортной жизни за городом. При этом вопрос водоотведения бытовых сточных вод для жителей коттеджных посёлков имеет особую важность.

Целью работы являлось оценить пропускную способность водоотводящего коллектора бытовых сточных вод при расширении жилой зоны коттеджного посёлка и возможности присоединения производственного предприятия.

Для решения поставленной цели определены следующие задачи:

- 1) изучение требований нормативных документов в области водоотведения бытовых сточных вод;
- 2) выполнение трассировки сети с учётом рельефа местности территории коттеджного посёлка и планируемого расположения очистных сооружений;
- 3) проведение расчётов расходов сточных вод с учётом назначенного диаметра коллектора;
- 4) определение стоимости прокладки водоотводящей сети из труб разного материала в соответствии с НЦС 81-02-14-2023;
- 5) анализ полученных результатов расчётов для проектирования водоотводящей сети.

При проектировании объектов и инженерной инфраструктуры на территории коттеджной застройки в целях эффективного использования затрат на строительство и последующую эксплуатацию сетей и сооружений, а также возможности их ввода (пуска) отдельными участками, необходимо чётко определять этапность застройки. Важным фактором является

также решение вопросов о возможности подключения новых объектов производственного назначения.

Схема водоотводящей сети бытовых сточных вод коттеджного посёлка представлена на рис. 1.

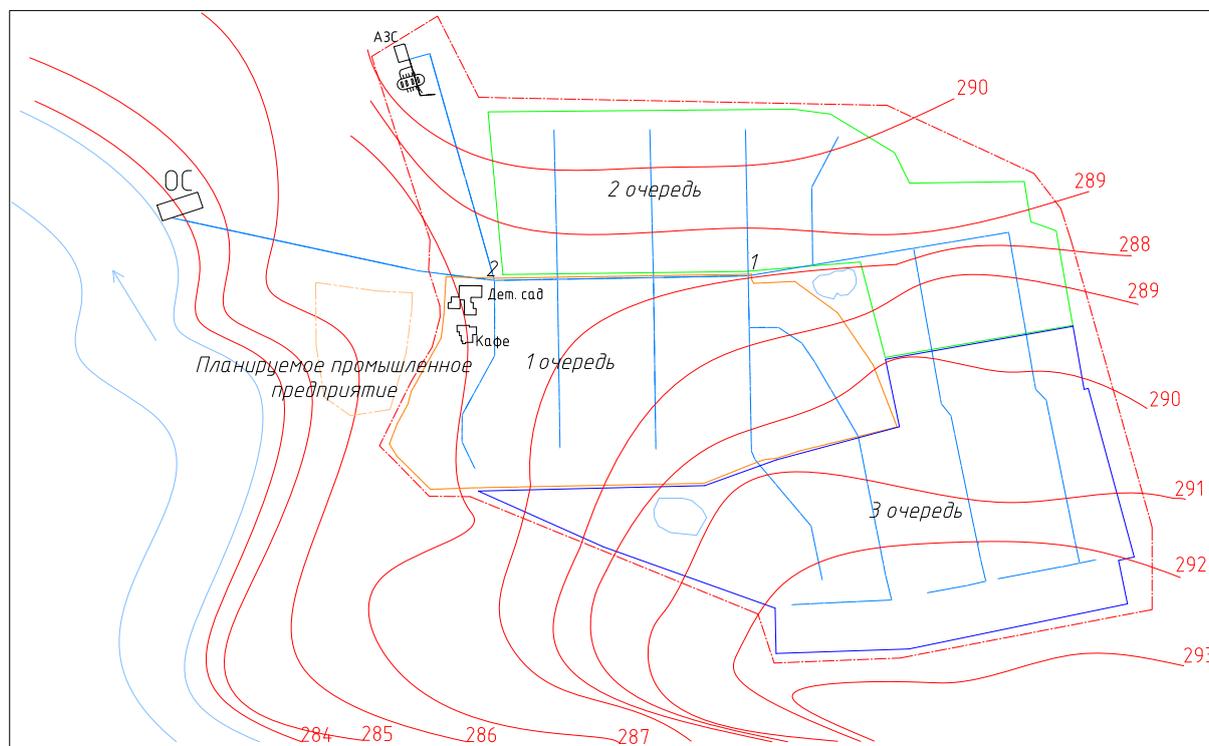


Рис. 1. Схема водоотводящей сети бытовых сточных вод коттеджного посёлка

Расчёт централизованной хозяйственно-бытовой канализации включает один из сложных этапов проектирования, который связан с определением расходов сточных вод на участках сети для определения диаметров трубопроводов с учётом оптимальных параметров гидравлического расчёта: уклона и наполнения трубопровода, скорости движения сточных вод [1].

Основное требование при проектировании самотечных водоотводящих коллекторов – пропуск расчётных расходов при самоочищающих скоростях движения транспортируемых сточных вод. В поселениях с расходом сточных вод до $300 \text{ м}^3/\text{сут.}$ для отведения бытовых сточных вод допускается применение труб диаметром 150 мм, максимальная пропускная способность которых по справочным данным [2] составляет 13,6 л/с. СП 32.13330.2018 (п. 5.4.1) регламентирует следующие нормативные значения гидравлических параметров при самотечном движении сточных вод: скорости – от $0,7 \text{ м}^3/\text{с}$ (во избежание заиливания сетей), наполнения – не более 0,6.

Поскольку данные о количестве потребителей и санитарно-технических приборов известны, для расчёта расходов бытовых сточных вод использована методика, приведённая в СП 30.13330.2020 [3], разд. 5 (п. 5.7).

Расчётным расходом сточных вод на участке бытовой водоотводящей сети является расход q^{sL} (л/с), значение которого определяется по формуле

$$q^{sL} = \frac{q_{hr}^{tot}}{3,6} + K_s \times q_0^s, \quad (1)$$

где q_{hr}^{tot} – максимальный часовой расход сточной воды (м³/ч); K_s – коэффициент, принимаемый по табл. 3 СП 30.13330.2020; q_0^s – расход стоков от прибора с максимальным водоотведением (л/с) (СП 30.13330.2020, прил. А, табл. А1).

Максимальный часовой расход сточной воды q_{hr}^{tot} (м³/ч) (СП 30.13330.2020, п. 5.10):

$$q_{hr}^{tot} = 0,005 \times q_{0,hr}^{tot} \times \alpha_{hr}, \quad (2)$$

где $q_{0,hr}^{tot}$ – часовой расход сточных вод, величина которого принимается в соответствии с табл. А.1 прил. А; для ванны со смесителем 300 л/с; α_{hr} – коэффициент, определяемый в соответствии с табл. Б.1 и Б.2 в зависимости от общего числа санитарно-технических приборов N и вероятности их действия P на расчётном участке.

Вероятность действия приборов (СП 30.13330.2020, п. 5.4):

$$P = \frac{q_{hr,u}^{tot} \times U}{3\,600 \times q_0^{tot} \times N}, \quad (3)$$

где $q_{hr,u}^{tot}$ – норма расхода сточных вод одним потребителем в час наибольшего водопотребления (л/ч); принимается согласно СП 30.13330.2020, прил. А, табл. А.2; U – общее число потребителей в здании (чел.); q_0^{tot} – секундный расход сточных вод от прибора (л/с); N – общее число приборов в здании, обслуживающих U потребителей (шт.).

Кроме непосредственно расхода бытовых сточных вод от жилых и общественных зданий, СП 32.13330.2018, п. 5.1.10 рекомендует учитывать дополнительный приток, который может поступать в водоотводящую сеть в период дождей и снеготаяния:

$$q_{ad} = a \times L \sqrt{m_D}, \quad (4)$$

где a – коэффициент, принимаемый равным для проектируемых новых поселений при прокладке сетей водоотведения выше уровня грунтовых вод – 0,15, ниже уровня грунтовых вод – 0,25; L – общая длина самотечных трубопроводов до рассчитываемого сооружения (створа трубопровода) (км);

m_d – максимальное суточное количество осадков, 20 мм (по СП 131.13330.2020 [5]).

Расчёт расходов бытовых сточных вод на участках водоотводящей сети посёлка (табл. 1) показал, что пропускная способность коллектора при расширении жилой зоны обеспечивается. Сброс в водоотводящую сеть посёлка расхода сточных вод от планируемого производственного предприятия допустим в количестве 8,5 л/с при обеспечении требуемого состава сточных вод.

Таблица 1

Расчётный расход бытовых сточных вод
от жилой зоны коттеджного посёлка

Жилые зоны посёлка	Число приборов N (шт.)	Количество потребителей U (чел.)	Максимальный часовой расход сточной воды q_{tot}^{hr} (м ³ /ч)	Расчётный расход сточных вод на участке q^{sL} (л/с)	Протяжённость сети L (км)	Расчётный расход сточных вод с учётом дополнительного притока дождевых вод q (л/с)
3-я очередь	477	224	3,21	1,8	1,8	3
2 и 3-я очереди	997	504	5,25	2,4	2,53	4,1
Суммарно от посёлка	1 532	749	7,13	2,9	3,3	5,1

Определена строительная стоимость прокладки водоотводящей сети бытовых сточных вод согласно укрупнённым нормативам цены строительства в соответствии с НЦС 81-02-14-2023 [6] для чугунных труб с шаровидным графитом (ВЧШГ) диаметром 150 мм и полиэтиленовых труб диаметром 160 мм. В расчёте учтены поправочные ценообразующие коэффициенты, необходимость применения которых к показателям нормативов обусловлена особенностями объекта строительства. Климатические характеристики расположения и строительства водоотводящих сетей приняты для центральной части Красноярского края.

Выводы

1. Нормативные требования СП 32.13330.2018 допускают в поселениях с расходом сточных вод до 300 м³/сут. для отведения бытовых сточных вод проектировать участки трубопроводов диаметром от 150 мм.

2. Трубопровод диаметром 150–160 мм обеспечивает возможность транспортировки бытовых сточных вод от жилой зоны при оптимальных гидравлических параметрах (максимальное количество санитарно-технических приборов – 1 500 шт.).

3. Присоединение водоотводящего трубопровода от производственного предприятия возможно при расходе сточных вод, не превышающем 8,5 л/с.

4. Определена стоимость прокладки водоотводящей сети из чугунных и полиэтиленовых труб, которая составила 19 832,6 и 13 400 тыс. руб. соответственно.

Список источников

1. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения.
2. Лукиных А. А. Таблицы для гидравлического расчёта канализационных сетей и докеров по формуле акад. Н. Н. Павловского: справ. пособие / А. А. Лукиных, Н. А. Лукиных. 4-е изд. М.: Стройиздат, 2014. 156 с.
3. СП 30.13330.2020. Внутренний водопровод и канализация зданий.
4. Чупин Р. В. Обоснование диаметров трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения на основе минимизации затрат их жизненного цикла / Р. В. Чупин, М. В. Мороз, В. А. Бобер // Водоснабжение и санитарная техника. 2022. № 4. С. 52–58.
5. СП 131.13330.2020. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология.
6. Об утверждении укрупнённых нормативов цены строительства «Укрупнённые нормативы цены строительства. НЦС 81-02-14-2023. Сб. № 14. Наружные сети водоснабжения и канализации»: Приказ Министра России № 159/пр от 06.03.2023.

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ КОЛОДЦЕВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Л. В. Приймак, канд. техн. наук, доцент;

В. И. Свирская, студент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Выявлены условия, определяющие прочность колодца из полимерного материала; проведена оценка прочности полимерного колодца с учётом допустимых внешних нагрузок.

Ключевые слова: системы водоотведения, колодцы из полимерных материалов, допустимое напряжение, деформации полимерного колодца, прочность полимерного колодца

В соответствии с СП 399.1325800.2018 для систем водоотведения допускается применять канализационные, водосточные и водоприёмные колодцы из полимерных материалов (ПЭ, ПП и др.) [1].

Колодцы, изготовленные из двухслойных гофрированных или спиральновитых полимерных труб (рис. 1), применяются в сетях хозяйственно-бытовой, ливневой и общесплавной канализации, а также в технологических каналах (в промышленности). При условии устойчивости материала к транспортируемой рабочей среде полимерные колодцы могут использоваться для доступа к сточным каналам, измерительной и запорно-регулирующей арматуре [2]. Помимо этого, они используются в качестве колодцев-ревизий, дождеприёмных и дренажных колодцев [3; 4].



Рис. 1. Полимерный канализационный колодец с угловым типом лотка

Преимущества данных колодцев обусловлены характеристикой материала, из которого они изготовлены [5]:

- низкий удельный вес (по сравнению с бетоном);
- низкая теплопроводность;

- герметичность;
- устойчивость к агрессивным средам и истиранию;
- морозостойкость;
- долговечность, высокая ударопрочность;
- лёгкость монтажа, складирования и транспортирования;
- экономичность (при монтаже полиэтиленовых колодцев отсутствует необходимость в дополнительных работах по сборке и герметизации колодцев в отличие от ж/б колодцев);
- гладкая внутренняя поверхность шахты колодца и лотка снижает скорость заиливания трубопровода и, таким образом, закупорку канализации;
- простота в обслуживании;
- химическая стойкость – отсутствие отложений, материал колодцев препятствует размножению бактерий, очистка колодцев из ПЭ и ПП не требует больших затрат;
- ремонтпригодность, разнообразие элементов конструкции;
- высокая устойчивость к внешним механическим нагрузкам и сейсмическая устойчивость.

Общие рекомендации по установке полимерных колодцев ограничивают следующие природно-климатическими данными: сейсмичность района (не выше 9 баллов), расчётная зимняя температура наружного воздуха (не ниже $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$), а также вид грунтов на строительной площадке.

Цель работы – рассчитать прочность полимерного колодца с учётом принятых внешних нагрузок.

Задачи:

- 1) определить требуемые исходные и эксплуатационные условия расчёта;
- 2) рассчитать параметры прочности колодца из полимерного материала;
- 3) оценить расчётные значения с учётом принятых условий.

Расчёты выполнены в соответствии с требованиями СП 32.13330.2018, СП 43.13330.2012, СП 35.13330.2011, СП 22.13330.2016 и СП 20.13330.2011.

Для расчёта приняты следующие условия:

- вид колодца – колодец из гофрированной двухслойной полиэтиленовой трубы (ТУ 2248-023-54432486-2013);
- номинальный внутренний диаметр $d_n = 1\ 200\text{ мм}$;
- класс кольцевой жёсткости – $SN4$;
- толщина стенки шахты колодца $S = 0,006\text{ м}$;
- высота шахты колодца – 5 м ;
- высота от верха шахты колодца до верха дорожного покрытия – $0,5\text{ м}$;
- материал обсыпки колодца – песок сред. крупности ($\gamma_{гр} = 12\text{ кН/м}^3$);
- уровень грунтовых вод – 3 м от дна шахты;
- воздействие транспортной нагрузки – НК-80 (нормативная нагрузка от четырёхосного колёсного транспорта, создающего усилие 785 кН).

Прочностной расчёт полимерного колодца (табл. 1) выполняется с учётом самых тяжёлых условий эксплуатации для низа и верха шахты. В результате расчёта необходимо обеспечить условие допустимого напряжения в стенке шахты колодца от действия внешних нагрузок (МПа):

$$\left(k_s^n \times p_{hy} + k_w^n \times p_{hw} + k_g \times p_{hg}\right) \times \frac{R}{S} \leq m \times \sigma_T, \quad (1)$$

где k_s^n , k_w^n , k_g – коэффициенты запаса по нагрузке, соответственно, от веса грунта, от давления грунтовых вод и транспорта – 1,2; 1,1; 1; p_{hy} – давление грунта (МПа); p_{hw} – давление грунтовых вод (МПа); p_{hg} – давление от транспорта (МПа); R – радиус шахты колодца – 0,6 м; S – толщина стенки шахты колодца – 0,006 м; m – коэффициент условий работы колодца – 0,8; σ_T – предел текучести на растяжение-сжатие термопласта (ПЭ и ПП) – 20 МПа.

Таблица 1

Расчёт прочности шахты колодца

Параметры расчёта	Расчётная формула	Для низа шахты ($h = 5,5$ м)	Для верха шахты ($h = 0,5$ м)
1. Активное горизонтальное давление грунта (МПа)	$p_{hy} = \gamma_{гр} \times h \times \tau_n$	0,022	0,003
2. Объёмный вес грунта (кН/м ³)	$\gamma_{гр} = \gamma_s^n - \gamma_w^n / (l + e)$	12	12
3. Угол внутреннего трения грунта	$\varphi = 0,82 \times \varphi_n$	0,57	0,57
4. Длина площади транспортной нагрузки на глубине h (м)	$a = 3,8 + 2\delta$	4,94	4,38
5. Ширина площади транспортной нагрузки на глубине h (м)	$b = 3,5 + 2\delta$	4,64	4,08
6. Угол наклона плоскости скольжения грунта по вертикали (°)	$\delta = \tan(45^\circ - \varphi / 2)$	30	30
7. Давление от транспорта (МПа)	$p_{hg} = \frac{0,785}{a \times b} \times \tau_n$	0,026	0,013
8. Давление грунтовых вод (МПа)	$p_{hw} = \gamma_B \times h_B$	0,03	0,03
9. Проверка условия прочности	$(k_s^n \times p_{hy} + k_w^n \times p_{hw} + k_g \times p_{hg}) \times \frac{R}{S} \leq m \times \sigma_T$	$8,48 \leq 16$	$4,96 \leq 16$

Результаты расчёта, приведённые в табл. 1, показывают, что условие прочности полимерного колодца при заданных параметрах выполняется, поэтому эксплуатационные условия обеспечиваются, исключая возможные деформации.

По результатам выполненных расчётов сделаны следующие выводы.

1. Методика расчёта прочности колодцев из полимерных материалов по СП 399.1325800.2018 позволяет оценить предел допустимого внешнего воздействия.

2. Оценка расчёта прочности полимерного колодца в условиях внешней нагрузки позволяет скорректировать исходные и эксплуатационные условия, а также параметры монтажа.

3. В случае невыполнения условия прочности для исключения деформации полимерного колодца могут быть предусмотрены дополнительные мероприятия, предусмотренные СП 399.1325800.2018.

Список источников

1. СП 399.1325800.2018. Системы водоснабжения и канализации наружные из полимерных материалов. Правила проектирования и монтажа.

2. ГОСТ 32 972-2014. Колодцы полимерные канализационные.

3. СП 129.13330.2019. Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации.

4. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуал. ред. СНиП 2.04.03-85.

5. Соловьева Е. В. Экспериментальные исследования релаксации напряжения поливинилхлорида // Наука, техника и образование. 2015. № 8. С. 26–28.

СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЁЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ СООРУЖЕНИЙ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Т. В. Саблина, студент

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. Статья посвящена анализу современных технологий и подходов, которые используются для повышения обеспечения эксплуатационной надёжности и долговечности сооружений системы газоснабжения. Отдельное внимание уделено цифровым технологиям, дронам и методам удалённого мониторинга.

Ключевые слова: газоснабжение, надёжность, эксплуатация, датчики, дрон, очистка, коррозия

Критическая роль природного газа в современной энергетической системе подчеркивает важность надежного удовлетворения потребностей рынка. В 2022 г. мировое потребление данного энергетического ресурса показало самый высокий скачок с 1984 г. на 217 млрд м³ с темпом роста 5,4 %. Прогнозируется, что достигнутое на сегодняшний день мировое потребление природного газа сохранит ежегодную восходящую динамику в 2,9–3,2 % до 2030 г. [1]. В связи с этим нет сомнений, что газовая промышленность будет продолжать быстро развиваться в будущем. Как правило, источники природного газа находятся далеко от мест потребления, а транспортировка осуществляется по сети трубопроводов, которая простирается на всё большие и большие площади вместе с ростом потребления. Система газовых трубопроводов – это важнейшая инфраструктура, соединяющая газовые ресурсы и пользователей, в состав которой входят магистральные трубопроводы и вспомогательные объекты, такие как подземные хранилища газа [2].

Физические операции по добыче, транспортировке и распределению природного газа делают систему изначально надёжной и устойчивой. Перебои в газоснабжении происходят редко. Когда они случаются, это не обязательно приводит к нарушениям в запланированных поставках, поскольку газовая система имеет множество способов компенсировать последствия нештатных ситуаций. Как отмечается в отчёте Массачусетского технологического института: в газовой сети мало единичных точек отказа, которые могут привести к распространению сбоя по всей системе. Существует большое количество скважин, хранилища относительно широко распространены, система транспортировки может продолжать работать под высоким давлением даже при выходе из строя половины компрессоров, а распределительная сеть не нуждается в круглосуточном надзоре и может работать без электричества. Это кардинальным образом отличает

систему газоснабжения от электросети, для которой характерно небольшое количество генерирующих точек, кроме того, она требует постоянного контроля для балансировки нагрузки и спроса в сжатые сроки, а также имеет сеть передачи и распределения, уязвимую к каскадным сбоям в одной точке.

В то же время сегодня на фоне быстрого развития зелёных низкоуглеродных систем энергоснабжения доля природного газа как важного моста для перехода от сильно загрязняющих ископаемых энергоносителей к новым видам энергии, существенным образом возрастает. В свою очередь, это приводит к более интенсивному развитию сетей трубопроводов в сторону большего масштаба и пропускной способности. Кроме того, взаимозависимость нескольких видов энергии повышает сложность поддержания надёжной работы систем газоснабжения, что стало предметом исследований учёных в последние годы. Однако, следует отметить, что научные изыскания отстают от нужд практики, что затрудняет применение теории надёжности к реальным ситуациям функционирования газопроводных систем. Вопросы обеспечения безопасной и эффективной эксплуатации этих объектов являются актуальными, что и обусловило выбор темы.

Исследование надёжности системы природных газопроводов является междисциплинарным вопросом, имеющим большое значение для безопасности всей энергосистемы.

Современные проблемы организационно-технологического и технического обеспечения надёжности систем газоснабжения рассматривают в своих трудах И. В. Ряховских, В. В. Бессель, С. И. Асташев, О. Н. Медведева, С. В. Роецкий, П. П. Володькин.

В большинстве предыдущих эмпирических работ – например, таких авторов, как А. А. Шаповало, Р. Р. Усманов, М. В. Чучкалов, А. Х. Сафиуллин, А. Ю. Толмачев, Ю. В. Великанова, – для оценки надёжности газоснабжения предлагается использовать классические методы, в рамках которых основное внимание уделяется только изучению теории надёжности системы и компьютерному моделированию, при этом игнорируется гидравлический анализ комплекса газопроводов.

Возможные варианты решения проблемы старения сооружений систем газоснабжения с целью предупреждения серьёзных техногенных аварий и катастроф разрабатывают В. В. Пшенин, Э. Р. Джемилев, Л. Р. Розанова, М. С. Комаровский, А. В. Чайникова, Т. Е. Лютова.

Высоко оценивая имеющиеся на сегодняшний день труды и публикации, следует отметить, что ряд вопросов в данной предметной плоскости требует более детальной проработки и углублённого анализа. Так, дискуссионной остается проблема оптимального планирования периодичности ремонтов, что необходимо для аналитического решения задачи повышения эксплуатационной надёжности газотранспортной системы. Отдельного внимания заслуживают передовые технологии и методы эксплуатации нефтегазового оборудования, которые позволяют обеспечить высокий уровень надёжности при работе в агрессивной среде.

Таким образом, цель статьи заключается в проведении анализа современных достижений в области обеспечения эксплуатационной надёжности и долговечности сооружений системы газоснабжения.

Прежде всего, необходимо отметить, что внедрение прогрессивных технологий и современной техники диагностирования состояния линейных участков газопроводов следует отнести к первоочередным мерам повышения экономической эффективности и эксплуатационной надёжности системы транспортировки газа.

Существующие технологии мониторинга газопроводов в режиме реального времени направлены на обнаружение утечек и аварий после их возникновения и являются слишком дорогостоящими для широкого и повсеместного применения [3]. В настоящее время предпринимаются меры по разработке комплекса средств зондирования и наблюдения, которые являются экономически эффективными и позволяют выявлять зарождающиеся утечки и отказы до их возникновения. Разрабатываемые технологии включают оптоволоконные, пассивные беспроводные, электрохимические и спектроскопические технологические платформы. Целевые параметры, представляющие интерес, в основном сосредоточены на химических свойствах, которые указывают на возникновение коррозионных условий, скорость развития коррозии, а также на обнаружении метана на низком уровне.

К числу таких технологий относятся, например, впервые разработанные для военной и аэрокосмической промышленности беспилотники в сочетании с автономными аппаратами. Они особенно полезны для мониторинга систем газоснабжения особенно в труднодоступных зонах. Используя камеры высокого разрешения и тепловые датчики, беспилотники могут передавать детальные воздушные изображения больших площадей. На снимках можно обнаружить колебания температуры, утечки и другие риски. Помимо прочих преимуществ, эта информация помогает разрабатывать планы безопасного размещения сотрудников на объекте для проведения оценки и ремонта.

Отдельного внимания заслуживают интеллектуальные устройства для очистки трубопроводов, которые изначально были механическими системами, однако за последнее десятилетие стали более «умными». Теперь компании используют *GPS* для установки *PIG* (датчиков целостности трубопровода). Эти датчики оснащены зондами и сенсорами для обнаружения и измерения коррозии, потери металла, трещин, вмятин, деформации и мн. др. Сегодня в арсенале инструментов для внутритрубной инспекции есть несколько различных *PIG*, и каждый из них выполняет свою функцию. *Smart-PIGs* – это инструменты для сбора данных, которые предоставляют показания и информацию о состоянии трубопроводов, но прежде, чем они смогут получить точные данные, инструмент для очистки проходит через трубопровод, очищая сталь, чтобы датчики *Smart-PIGs* могли получить чёткие и точные показания [4].

После того как инструмент очистит трубу от мусора и проверит на наличие возможных препятствий, датчики *Smart-PIGs* можно направлять дальше, чтобы получить ценную информацию и определить места возможной потери металла, информацию об отслоении покрытий и наличии небольших трещин или вмятин в стали.

Достаточно актуальной является проблема разработки методов оперативного диспетчерского управления газораспределительной системой с использованием современных средств математического моделирования (с учётом стохастического характера процессов газоснабжения) и возможностей прогрессивных информационных технологий. Одними из таких новейших технологий являются геоинформационные системы (ГИС). ГИС объединяют современные информационные технологии составления карт, проведения анализа объектов и событий на местности и многоаспектные автоматизированные интегрированные информационные системы с пространственной локализацией данных. Интеграция технологий позволяет объединять различные способы обработки информации ГИС в единый процесс, что создаёт качественно новые методы управления и диагностики трубопроводов [5].

Существенный потенциал для обеспечения эксплуатационной надёжности и долговечности сооружений системы газоснабжения имеет технология интернета вещей (*IoT*). *IoT* используется в газовой промышленности для автоматизации производственных процессов, повышения эффективности работы и безопасности газовой инфраструктуры. Технологии *IoT* предполагают использование датчиков, интеллектуальных устройств и других инноваций для сбора, передачи и анализа информации от физических объектов. Например, газовые компании могут использовать датчики *IoT* для мониторинга состояния газопроводов и оборудования в режиме реального времени. Эти данные полезны для выявления потенциальных проблем и прогнозирования технического обслуживания, что поможет предотвратить простои и обеспечить безопасную и надёжную работу газовой инфраструктуры [6].

Также особого внимания заслуживают разрабатываемые передовые материалы и покрытия. Они предназначены для защиты инфраструктуры газопроводов от основных источников внутренней коррозии, которые могут угрожать целостности оборудования. К числу таких материалов относятся металлические покрытия, служащие в качестве поверхностных защитных слоев, инженерные полимерные покрытия, а также гибридные неорганические/органические облицовки для предотвращения попадания коррозионных веществ на поверхности трубопроводов. Благодаря внедрению передовых сенсорных технологий в материалы газовых магистралей и/или защитные покрытия можно строить трубопроводы со встроенным интеллектом, что обеспечит повышенную надёжность, общественную безопасность, эксплуатационную эффективность и гибкость стареющей газовой инфраструктуры.

Таким образом, подводя итоги, отметим, что газовая отрасль продолжит играть важную роль на мировом энергетическом рынке, поскольку природный газ является более чистым сжигаемым ископаемым топливом, а также важным элементом интегрированных энергетических систем. Для повышения эксплуатационной надежности и долговечности сооружений системы газоснабжения на сегодняшний день широко используются цифровые и интеллектуальные технологии, средства удалённого мониторинга и контроля, информационные системы.

Список источников

1. Терешкин А. А. Надёжность системы газоснабжения // Вестник магистратуры. 2021. № 5–6 (116). С. 59–62.
2. Медведева О. Н. Определение вероятности возникновения аварий на сетях газораспределения и газопотребления / О. Н. Медведева, А. Ю. Чиликин // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. № 10. С. 1 363–1 377.
3. Еремин Н. А. Применение цифровых технологий при реконструкции систем управления газотранспортной системой // Вести газовой науки. 2024. № 1 (57). С. 83–89.
4. Сафонов Н. Е. Экономический эффект от внедрения систем телеметрии в газорегуляторных пунктах // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2021. № 1 (22). С. 29–33.
5. Белоглазова Т. Н. Планирование перспективных направлений развития газораспределительной системы // Известия КГАСУ. 2024. № 1 (67). С. 146–156.
6. Биккин А. Р. Улучшение эффективности газораспределительных станций через современные решения в области автоматизации и управления // Цифровая наука. 2024. № 5. С. 29–36.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ИМПРЕГНИРОВАННЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ АКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕЙ

Н. С. Самадов¹;
О. Г. Дубровская^{1,2}

¹Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия
²ООО «Центр экологических технологий», Красноярск, Россия

Аннотация. В данной статье анализируются перспективы использования высокоселективных сорбентов, прошедших стадии импрегнации с целью повышения прочностных характеристик и улучшения сорбционных свойств. Исследуемые сорбенты обладают разнообразными областями применения в области очистки сточных вод, которые содержат различные загрязняющие вещества, такие как тяжёлые металлы, органические соединения и избыток солей. Назревшая важность данного исследования объясняется ужесточением экологических норм, предъявляемых к качеству водных ресурсов, а также настоятельной потребностью в разработке высокоэффективных технологий для очистки сточных вод, образуемых в процессе промышленного производства. В сравнении с традиционными методами очистки, такими как флотация или коагуляция, сорбенты обеспечивают более высокую селективность и эффективность, особенно при низких концентрациях загрязняющих веществ.

В ходе данного исследования были проанализированы механизмы взаимодействия сорбентов с загрязняющими веществами, а также их преимущества по сравнению с традиционными методами очистки и возможности улучшения физико-химических показателей сорбционных гранул.

По результатам исследования выявлены перспективы интеграции высокоселективных сорбентов в существующие системы очистки и предложены рекомендации по дальнейшим исследованиям в этой области.

Ключевые слова: импрегнированные сорбенты, сорбционные комплексы, очистка воды, сточные воды, загрязняющие вещества, экология

Проблема очистки промышленных вод становится всё более актуальной в условиях усиливающегося антропогенного воздействия на водные ресурсы. Сточные воды, возникающие в процессе разработки карьеров, зачастую содержат высокий уровень загрязняющих веществ, включая тяжёлые металлы, органические соединения и взвешенные частицы.

Современные методы очистки воды требуют внедрения новых, более эффективных технологий, способных обрабатывать различные типы загрязнителей в водоёмах, образующихся в результате карьерной деятельности. Одним из таких решений являются высокоселективные угольные сорбенты. Эти материалы обладают способностью избирательно адсорбировать конкретные вещества, тем самым обеспечивая более целенаправленный подход к очистке воды любого происхождения.

Высокоселективные сорбенты представляют собой материалы, обладающие выраженной способностью к адсорбции специфических загрязняющих веществ. Согласно исследованию Латышевой и соавторов (2021), применение таких сорбентов может существенно увеличить эффективность процессов очистки за счет селективного взаимодействия с определёнными классами загрязнителей. В контексте решения проблемы очистки карьерных вод возможно использование различных типов материалов, включая природные сорбенты, синтетические полимеры и композитные структуры [1].

Традиционные методы очистки, такие как коагуляция, флотация и осаждение, требуют значительных затрат времени и ресурсов, а также часто имеют ограничения по удалению определённых загрязнителей. Как отмечает Михайлова (2020), использование высокоселективных сорбентов позволяет сократить время обработки и снизить общие затраты на очистку, т. к. они обеспечивают более высокую скорость удаления загрязняющих веществ при меньших объёмах реагентов [2].

Исследования показывают, что механизмы взаимодействия между сорбентами и загрязнителями могут варьироваться в зависимости от химической природы последнего. В соответствии с исследованием, проведённым Ядровым и Козловой (2019), ионно-обменные механизмы являются ключевыми факторами, способствующими удалению тяжёлых металлов из водных растворов [3]. В дополнение к этому, другие механизмы, такие как физическая адсорбция и химическая связываемость, также могут существенно влиять на эффективность сорбционных процессов.

При выборе сорбентов следует учесть классификационную принадлежность сорбента, селективность сорбента и экономическую целесообразность его применения. В нынешней научной практике наблюдается множество подходов к классификации сорбентов, что обусловлено разнообразием их характеристик и применений. Среди наиболее значимых критериев выделяются следующие:

- по происхождению (природные и синтетические);
- по способности впитывать воду и масло (гидрофильные и гидрофобные);
- по агрегатному состоянию (жидкие и твёрдые);
- по принципу действия (адсорбенты, абсорбенты, иониты).

Среди сорбентов с широким селективным диапазоном, применяемых для очистки карьерных вод, можно выделить синтетические нановолокна на основе полимера, композитные материалы на основе силикатов, природные активированные угли и цеолиты. Например, в исследовании Федорова и др. (2022) показано, что сорбенты на основе активированного угля демонстрируют высокую эффективность удаления органических загрязняющих веществ и тяжёлых металлов в различных условиях.

На текущий момент особый научный интерес представляет технология модифицирования и импрегнирования природных сорбентов на основе активированных углей. Основное направление дальнейших исследований

заключается в модификации мелкодисперсного угольного сорбента торговой марки СТК-А. Модификация и импрегнация данного сорбента необходима для получения широкого размерного ряда высокопрочного сорбента с моделируемыми показателями избирательной сорбции. Уникальность разрабатываемой технологии заключается в подборе компаунда импрегната и смешение его с готовой фракцией сорбента без повторной активации сорбционных центров.

Интеграция высокоселективных сорбентов в существующие системы очистки карьерных вод имеет большой потенциал. Исследования, приведённые в работе, показывают, что при правильном проектировании и выборе сорбентов можно не только достичь высокого уровня очистки, но и снизить затраты на эксплуатацию очистных сооружений.

Таким образом, высокоселективные импрегнированные сорбенты представляют собой перспективное направление в области очистки карьерных вод. Их применение может значительно улучшить качество очищаемых вод, сократить затраты и упростить процессы очистки.

Одним из ключевых аспектов является возможность комбинации различных типов сорбентов для достижения оптимальных результатов в зависимости от специфики загрязнения. Это позволит адаптировать технологии очистки к реальным условиям и добиться максимальной эффективности.

Необходимы дальнейшие исследования для оптимизации выбора и применения импрегнированных сорбентов в конкретных условиях, а также для оценки долгосрочной эффективности их использования. Важно проводить опытно-промышленные испытания и разрабатывать рекомендации по внедрению высокоселективных импрегнированных сорбентов в существующие системы очистки.

Таким образом, успешная реализация технологий импрегнации и модификации высокоселективных угольных сорбентов может способствовать оптимизации стандартных технологических схем кондиционирования промышленного стока любого происхождения, улучшению экологической ситуации, снижению нагрузки на водные ресурсы и соблюдению нормативных стандартов в сфере охраны окружающей среды. Этот шаг может сыграть значительную роль в обеспечении устойчивого развития, а также стать важным технологическим этапом для сохранения водных экосистем.

Проект исследования поддержан Краевым фондом науки по теме 20231117-06823 «Разработка технологической карты производства импрегнированного сорбента на основе активированных углей».

Список источников

1. Латышева А. А. Высокоселективные сорбенты для очистки сточных вод / А. А. Латышева, С. Н. Дяков, Т. В. Михайлова // Журнал водных ресурсов. 2021. № 48 (3). С. 220–228.

2. Михайлова Т. В. Сравнительный анализ методов очистки сточных вод // Экология и промышленность России. 2020. № 34 (6). С. 12–17.
3. Ядров В. И. Механизмы сорбции тяжёлых металлов / В. И. Ядров, Л. П. Козлова // Научные основы экологии. 2019. № 21 (1). С. 45–53.
4. Федоров И. Ю. Применение активированного угля для очистки воды от загрязняющих веществ / И. Ю. Федоров, С. П. Кузнецова, Р. А. Сидоров // Вестник экологических наук. 2022. № 30 (2). С. 67–75.
5. Сидоров Р. А. Перспективы использования высокоселективных сорбентов // Экологические технологии. 2023. № 15 (4). С. 89–95.
6. Дубровская О. Г. Перспективы применения высокоселективных сорбентов в системах очистки карьерных вод / О. Г. Дубровская, С. Д. Дубровская, А. Г. Бобрик и др. // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 8 (146). DOI: 10.60797/IRJ.2024.146.54.

ЭФФЕКТИВНАЯ ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПЛОЩАДОК ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Д. В. Спицов, канд. техн. наук, доцент;

А. С. Кулагина, аспирант

Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Аннотация. Экологические проблемы, связанные с поверхностными сточными водами, становятся всё более актуальными в современном мире. В условиях стремительного роста городского населения и индустриализации, очистка и использование таких стоков требуют особого внимания и эффективных решений. В данной работе рассмотрены основные загрязнения дождевых и талых вод с площадок промпредприятий, последствия и возможные технологии очистки, которые помогут справиться с данной проблемой.

Ключевые слова: *поверхностные сточные воды, экология, очистка поверхностного стока, использование дождевой воды, промышленность*

В настоящее время в российских городах существует важная проблема, связанная с организацией и сбором поверхностных сточных вод. Эта сложность особо остро ощущается в периоды интенсивных ливней и во время таяния снега в значительных объёмах. В России используется малая часть атмосферных осадков.

Современные промышленные предприятия сталкиваются с множеством экологических проблем, одной из которых является загрязнение водоемов поверхностными сточными водами. Осадки и снеготаяние на площадках предприятий способствуют образованию больших объёмов вод, которые, как правило, загрязнены нефтепродуктами, взвешенными веществами, ионами тяжёлых металлов и др. Это создаёт серьёзные риски для экосистем водоемов и требует незамедлительных мер по улучшению систем отведения и очистки поверхностных сточных вод [1].

Состав поверхностного стока с площадок промышленных предприятий определяется типом и особенностями производства, условиями хранения сырья и отходов и т. п. Сток можно классифицировать на две группы, в зависимости от содержания примесей. Первая группа включает предприятия, стоки с которых по составу примесей схожи с поверхностными стоками с жилых территорий. Вторая группа охватывает предприятия, где в поверхностный сток попадают специфические вещества или значительные объёмы органических загрязнений. Примерный состав дождевых стоков с промышленных площадок представлен ниже (табл. 1).

Примерный состав дождевых стоков
с площадок промышленных предприятий

Основные показатели	Концентрация загрязнений (мг/дм ³)	
	I группа предприятий	II группа предприятий
Взвеси	350–1 500	550–1 500
Нефтепродукты	5–60	до 550
ХПК	50–200	до 1 500
БПК ₂₀	15–40	до 500
Особые компоненты	нет	В зависимости от специфики производства: ионы металлов, поверхностно-активные вещества и др.

Проблема очистки поверхностного стока промышленных предприятий актуальна. На большинстве заводов системы очистки атмосферных вод имеют технические недостатки и не гарантируют необходимого уровня, который был бы приемлем для сброса сточных вод в водоёмы или их использования в техническом водоснабжении.

Выпадение осадков – вероятностный процесс. В связи с этим существует нестабильность по расходу и концентрациям загрязняющих компонентов. Исходя из этого, основным элементом технологических схем очистки дождевых стоков являются сооружения-усреднители [2].

В соответствии с требованиями, предъявляемыми к очищенным водам, применяются различные методы очистки, которые основываются на физических, химических, биологических и комплексных процессах. Помимо всего прочего, набирают популярность современные мембранные технологии, которые более универсальны, позволяют в одну ступень решить множество задач и получить воду с концентрациями, требуемыми для использования в производстве.

Основная проблема очистки поверхностных сточных вод заключается в том, что системы должны быть спроектированы на большие объёмы расхода, что, в свою очередь, приводит к высоким капитальным затратам. Химический состав стоков требует технологий с использованием сорбционных загрузок, которые требуют замены и повышают эксплуатационные затраты.

Часто при очистке ливневых стоков применяется физико-механическая очистка, после неё содержание нефтепродуктов уменьшается приблизительно на 80 %, а далее доочищают сорбционными методами. При очистке от взвешенных веществ применяют отстойники и часто механические фильтры с загрузкой в виде сорбентов.

Если рассматривать другие возможные методы, то стоит обратить внимание на те, в которых используются сооружения механической очистки для отделения взвесей из поверхностных сточных вод, а очистку от нефтепродуктов осуществлять с применением мембран.

Дождевые воды, как правило, имеют низкое содержание солей (около 15–35 мг/л), что делает их подходящими для очистки с использованием мембранных технологий. Очистка, основанная на применении полупроницаемых материалов, действительно представляет собой один из наиболее эффективных инструментов для решения задач в данной области.

Суть баромембранного разделения состоит в том, что под действием разности давлений происходит перенос вещества сквозь полупроницаемую перегородку, что приводит к изменению концентрации примесей по разные стороны мембраны. На рис. 1 представлен принцип работы мембранного аппарата.

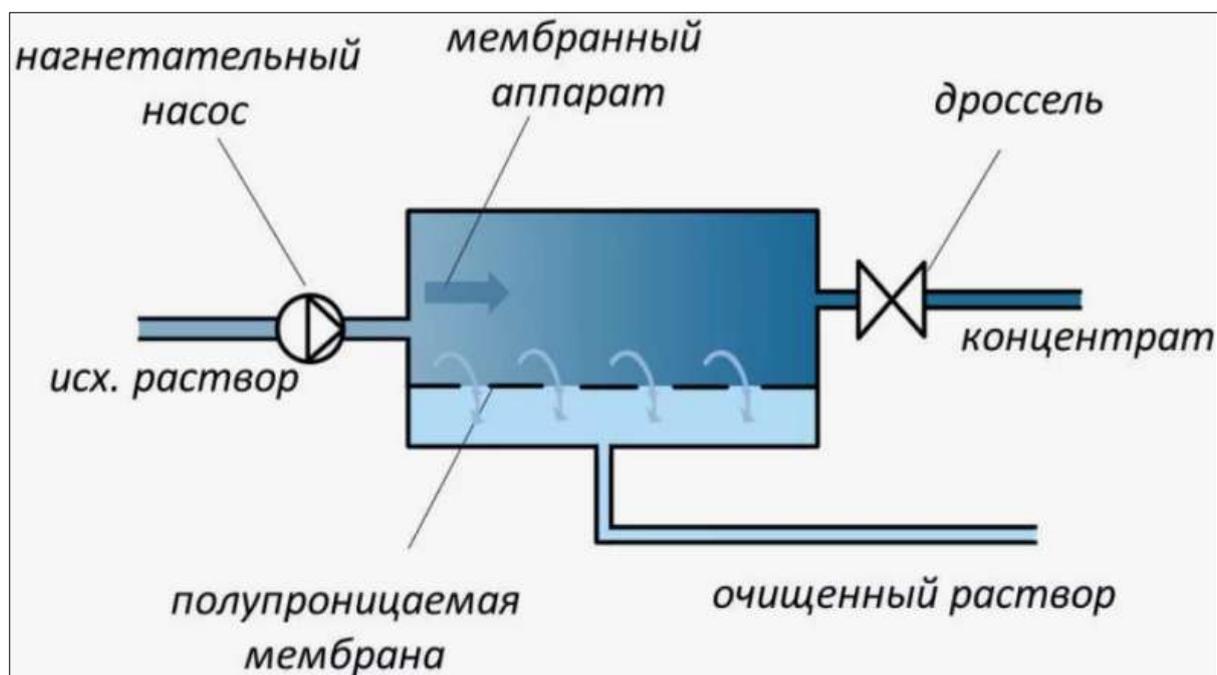


Рис. 1. Принципиальная схема мембранного разделения

В зависимости от размера извлекаемых частиц различают микрофильтрацию, ультрафильтрацию, нанофильтрацию и обратный осмос. Диаметры задерживаемых частиц приведены на рис. 2.

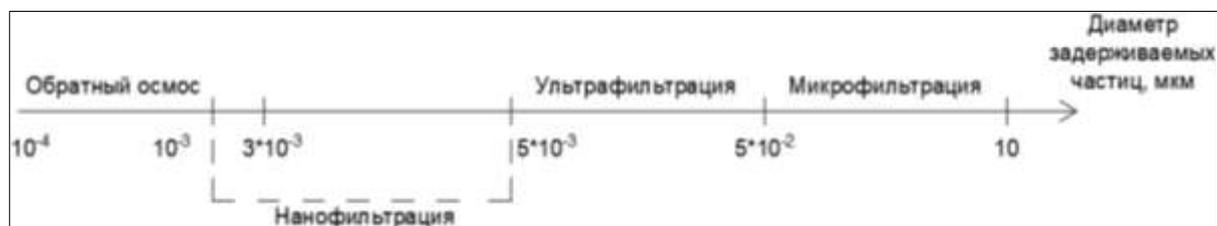


Рис. 2. Диаметры задерживаемых частиц в зависимости от процесса

На сегодняшний день мембранные технологии, использующие нанофильтрацию, представляют собой наиболее эффективный и экономически обоснованный метод для решения задач в области очистки поверхностных вод. Благодаря своей простоте аппаратной реализации и эксплуатации нанофильтрация даёт возможность значительно модернизировать существ-

вующие системы. Это приводит к значительному улучшению качества воды и одновременно позволяет обновить устаревшую производственную инфраструктуру [3].

Использование нанофильтрационных мембранных элементов позволяет не только эффективно удалить из воды взвешенные вещества и органические вещества, образующие цветность, но и эффективно удалить эти загрязнения с поверхности мембран в процессе проведения гидравлических промывок [4].

Проблема очистки поверхностных сточных вод требует комплексного подхода и внедрения современных технологий. Устойчивое развитие и сохранение экосистемы возможно лишь при условии эффективного использования водных ресурсов. Необходимо продолжать исследовать и внедрять инновации. Эффективное использование дождевых и талых вод должно стать приоритетом для предприятий, что, в свою очередь, обеспечит защиту как окружающей среды, так и здоровья человека, помимо этого, снизит штрафы, за сброс загрязнённых вод в водоём.

Список источников

1. Аксенов В. И. Водное хозяйство промышленных предприятий / В. И. Аксенов, М. Г. Ладыгичев, И. И. Ничкова и др. // Теплотехник. Кн. 1, 2. 2005.

2. Новикова О. К. Отведение и очистка поверхностных сточных вод: моногр. Гомель: БелГУТ, 2019. 183 с.

3. Первов А. Г. Разработка технологии очистки поверхностных вод с помощью нанофильтрационных мембран / А. Г. Первов, Ю. В. Козлова, А. П. Андрианов и др. // Критические технологии. Мембраны. 2006. № 1 (29).

4. Первов А. Г. Основы создания новых технологий обработки поверхностных вод с применением нанофильтрации / А. Г. Первов, А. П. Андрианов, Ю. В. Козлова и др. // Водоснабжение и санитарная техника. 2007. № 5.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД В СИСТЕМАХ КАРЬЕРНОГО ВОДООТВЕДЕНИЯ

О. Ташбулатова¹;
О. Г. Дубровская^{1,2}

¹Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

²ООО «Центр экологических технологий», Красноярск, Россия

Аннотация. Актуальность данного исследования подчеркивается необходимостью оптимизации процессов очистки поверхностных сточных вод, образующихся в карьерах, что приобретает особую важность в свете современных экологических стандартов. В условиях растущей антропогенной нагрузки на водные ресурсы, многие предприятия сталкиваются с проблемой: качество очищенного стока не удовлетворяет строгим экологическим стандартам, что приводит к его неконтролируемому сбросу в водоёмы. Для оптимизации процессов очистки в системах карьерного водоотведения предполагается увеличение их эффективности путём внедрения современных технологий и методологических подходов. Это, в свою очередь, способно значительно повысить качество очищенной воды, сделать её соответствующей экологическим стандартам и существенно уменьшить негативное влияние на окружающую среду. Целью настоящего исследования является разработка и внедрение инновационных технологий очистки поверхностных сточных вод в системах водоотведения. Также планируется создание новых технологических решений и предложений по модернизации традиционных прудов-отстойников для повышения эффективности очистки водных ресурсов. Исследование направлено на оптимизацию существующих методов очистки и создание новых технологических решений для повышения эффективности очистки сточных вод, образующихся в результате горнодобывающей и карьерной деятельности. Особое внимание уделяется повышению устойчивости и результативности систем очистки, что позволит снизить негативное воздействие на окружающую среду и улучшить экологическую ситуацию в регионе. Настоящая работа направлена на всестороннее исследование текущих методов и технологий очистки поверхностных сточных вод, оценку перспектив улучшения и внедрения инновационных решений для повышения эффективности и экологической безопасности процессов очистки сточных вод, а также на выявление возможностей для внедрения передовых подходов, что позволит повысить степень очистки и соответствие водоохранным требованиям.

Ключевые слова: сорбент, пруд-отстойник, карьерный сток, поверхностные сточные воды, фильтрационно-сорбционные элементы

Поверхностные сточные воды предприятий горнодобывающей и угледобывающей отраслей являются значительным источником загрязнения окружающей среды. Они содержат тяжелые металлы, такие как свинец, цинк и медь, которые могут накапливаться в почве и воде. В условиях постоянного роста добычи полезных ископаемых возникает необходимость в эффективных системах очистки поверхностных сточных вод, загрязняемых в процессе горных работ. На сегодняшний день существуют различные современные технологии и методы, направленные на оптимизацию процессов очистки.

В статье Белекова (2019) представлен глубокий анализ экологических аспектов водоотведения в горной промышленности. Автор подчёркивает необходимость разработки оптимизированных решений для минимизации негативного воздействия на окружающую среду. В работе предлагаются рекомендации по внедрению экологически безопасных технологий, что является актуальным для обеспечения экологической устойчивости карьерного водоотведения [1]. Федоров и Сидорова (2021) в своём исследовании уделяют внимание возможностям повторного использования сточных вод. Авторы подчеркивают важность внедрения современных методов очистки, таких как мембранные технологии и химическая коагуляция. Это не только улучшает качество очищенной воды, но и способствует более рациональному использованию водных ресурсов в условиях карьера [2]. Ковалев и Григорьев (2018) предлагают методы оценки эффективности существующих систем очистки поверхностных сточных вод. В статье представлены примеры из практики горной индустрии, в которых применялись различные системы очистки. Авторы отмечают, что системный подход к оценке позволяет выявить узкие места в действующих технологиях и корректировать их в соответствии с современными стандартами [3].

В целом анализ литературы показывает, что оптимизация очистки поверхностных сточных вод в системах карьерного водоотведения требует комплексного подхода, включающего как внедрение современных технологий, так и учёт экологических аспектов, что в результате обеспечит не только соблюдение экологических стандартов, но и уменьшение негативного воздействия на окружающую среду в процессе горной деятельности.

Наиболее эффективным решением может служить использование сорбционных прудов-отстойников для очистки поверхностных сточных вод. Внедрение инновационных методов очистки прудами-отстойниками с помощью сорбентов и использование прудов в качестве естественных систем очистки сточных вод может помочь обеспечить наиболее эффективную очистку сточных вод для возвращения воды в систему оборотного водоснабжения.

В разных регионах России применяются инновационные технологии очистки сточных вод, включая использование биологических очистных сооружений, мембранных фильтров и других методов.

Приведём примеры успешных проектов. В России уже реализованы успешные проекты по использованию прудов и инновационных технологий очистки сточных вод. Например, в некоторых городах были построены биологические очистные сооружения, которые позволяют более эффективно очищать сточные воды и снижать их негативное воздействие на окружающую среду.

1. Опыт Мурманской обл. В области были созданы биопруды для очистки сточных вод от органических загрязнителей. Данные биопруды играют ключевую роль в снижении нагрузки на природные водоёмы и повышении экологической безопасности региона. Несмотря на преиму-

щества, создание и эксплуатация биопрудов всё ещё сталкиваются с некоторыми проблемами: высокие затраты, необходимость постоянного контроля, особые климатические условия. Тем не менее опыт использования биопрудов в Мурманской обл. показывает их эффективность и перспективность для дальнейшего применения в регионе.

2. Опыт Санкт-Петербурга. В Санкт-Петербурге разработаны системы очистки сточных вод с использованием сорбционных материалов. Эти системы помогают удалить множество загрязнителей из сточных вод, включая тяжелые металлы и органические вещества. В результате такой очистки улучшается качество воды, которая поступает обратно в системы водоснабжения города.

3. Опыт Москвы. В Москве разрабатываются инновационные технологии очистки сточных вод с использованием наносорбентов. Эти технологии позволяют эффективно удалять загрязнители, такие как тяжёлые металлы, органические соединения и микропластик, из сточных вод. Внедрение таких технологий может значительно повысить качество воды в сточных водах Москвы и сократить количество загрязнений, выводимых в природные водоёмы.

4. Опыт Калужской обл. В Калужской обл. реализуется проект по строительству двух сливных прудов площадью 25 и 13 га. Данные пруды будут использоваться для очистки сточных вод, вырабатываемых заводом химическим синтезом, перед их возвращением в р. Оку.

Исходя из опыта внедрения прудов-отстойников, можно сделать вывод о высокой эффективности данной системы очистки. Применение интегрированных систем фильтрационно-сорбционных элементов и прудов-отстойников представляет собой перспективный подход к технической модернизации систем водоотведения и кондиционирования карьерного стока, улучшению экологической обстановки и оптимизации эксплуатационных расходов на предприятиях. Разрабатываемые модели прудов-отстойников обладают потенциалом значительного снижения экологических рисков, а внедрение компоновочных технологических решений в одном сооружении способствует повышению эксплуатационных характеристик компаний.

Список источников

1. Белеков В. А. Экологические аспекты водоотведения в горной промышленности // Природные ресурсы и экология. 2019. № 12. С. 34–45.

2. Федоров И. Н. Современные технологии очистки и повторного использования сточных вод / И. Н. Федоров, Е. А. Сидорова // Вода: химия и экология. 2021. Т. 34. № 3. С. 15–30.

3. Ковалев А. Ю. Оценка эффективности систем очистки поверхностных сточных вод в горных районах / А. Ю. Ковалев, П. Г. Григорьев // Вестник Горно-металлургической академии. 2018. № 1. С. 50–59.

4. Гимаева А. Р. Сорбция ионов тяжёлых металлов из воды активированными углеродными адсорбентами / А. Р. Гимаева, Э. Р. Валинурова,

Д. К. Игдавлетова и др. // Сорбционные и хроматографические процессы. 2011. Т. 11. № 3. С. 350–356.

5. Стрельбицкая Е. Б. Сорбционно-фильтрующие сооружения в технологиях очистки дренажного стока гидромелиоративных систем нечернозёмной зоны РФ / Е. Б. Стрельбицкая, А. П. Соломина // Природообустройство. 2020. № 4. С. 28–36.

6. Дубровская О. Г. Перспективы применения высокоселективных сорбентов в системах очистки карьерных вод / О. Г. Дубровская, С. Д. Дубровская, А. Г. Бобрик и др. // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 8 (146). DOI: 10.60797/IRJ.2024.146.54.

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В. Р. Хахулин, студент;

В. И. Панфилов, канд. техн. наук, доцент;

А. В. Жуйков, канд. техн. наук, доцент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В статье проведён краткий библиографический обзор основных достижений при совершенствовании теплоснабжения.

Ключевые слова: *теплоснабжение, теплопотери, тепловая энергия, ВИЭ*

Для классификации систем централизованного теплоснабжения (далее – ЦТ) широко применяется использование поколений (1GDH–5GDH). Поколения отличаются друг от друга технологическими характеристиками.

Система ЦТ 1-го поколения (1GDH), относящаяся к 1880-м гг., характеризуется использованием пара в качестве теплоносителя. Эта система поставляет тепло посредством конденсации в радиаторах, расположенных со стороны потребителя. Температура подачи потоков ЦТ может варьироваться от 120 до 200 °С.

Система ЦТ 2-го поколения (2GDH), появившаяся в 1930-х гг., использует горячую воду под давлением для распределения тепла. Цель внедрения этой технологии была в экономии топлива за счёт комбинированного использования тепла и электроэнергии (ТЭЦ).

Система ЦТ 3-го поколения (3GDH) во многих странах была введена в 1970-х гг. во время нефтяных кризисов. Она включает в себя сборные трубы и компактные подстанции и использует воду под давлением с температурой подачи ниже 100 °С для повышения её энергоэффективности.

Переход к системе ЦТ 4-го поколения (4GDH) был обусловлен повышенным вниманием к энергоэффективности и использованию местных возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Характеризуется поддержанием уровня температуры, тесно связанного с фактическим спросом подключенных конечных пользователей, достигая максимума в 60–70 °С. Такая более низкая температура подачи снижает потери в сети и облегчает экономически выгодную интеграцию дополнительных возобновляемых и отработанных источников тепла, включая солнечные тепловые коллекторы, геотермальные источники, промышленные излишки и т. д. [1].

Пятое поколение централизованной системы теплоснабжения и охлаждения (5GDH) представляет собой поколение сетей энергоснабжения, характеризующееся значительным количеством локальных подстанций. Её низкотемпературная природа обеспечивает ряд преимуществ, включая минимальные потери тепла, снижение затрат на изоляцию и возможность

использования городского и промышленного отработанного тепла, а также различных возобновляемых источников тепла. Также 5GDH обладает способностью не только нагревать помещения, но и охлаждать их.

На рис. 1 проиллюстрирован обзор существующих пяти поколений GDH.

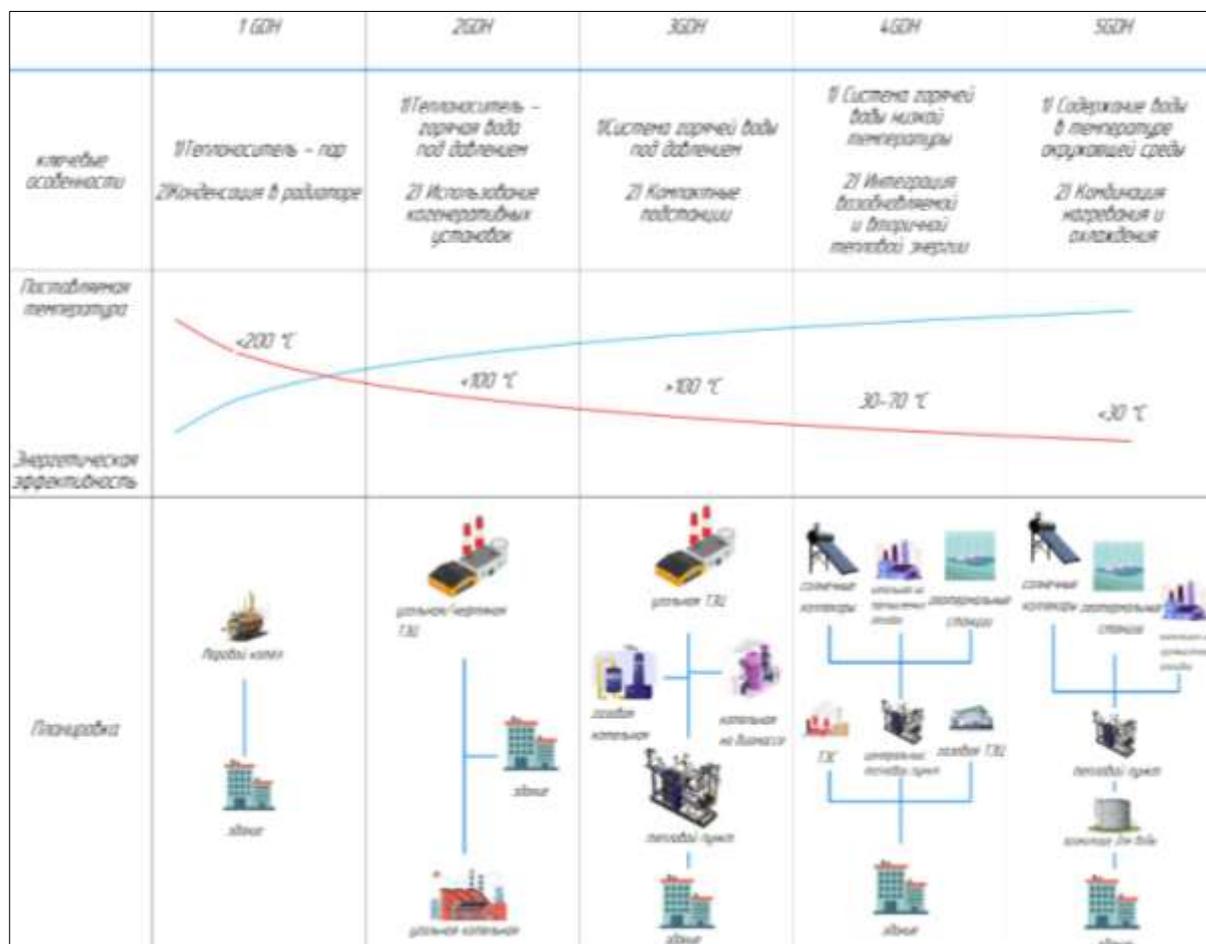


Рис. 1. Обзор поколений GDH

5GDH – это нелинейное развитие остальных поколений систем теплоснабжения. В настоящее время оно разрабатывается параллельно с 4-м поколением, и эти две технологии имеют много общих свойств и характеристик. Обе технологии направлены в первую очередь на декарбонизацию энергетического сектора. Однако переход к 5GDH включает в себя более широкий спектр технологических инноваций, чем к 4GDH, который в первую очередь был сосредоточен на повышении энергоэффективности. Таким образом, 5-е поколение не представляет собой последовательное развитие после четвертого, вместо этого обе технологии развиваются одновременно.

Традиционно сети ЦТ используют централизованную станцию управления для нагревания воды и передачи её по сетям трубопроводов для распределения тепла потребителям. Однако, они часто страдают от значительных потерь тепла и высоких затрат на установку. Например, летом, когда сети ЦТ должны удовлетворять только потребность в горячей

воде, тепловые потери могут составлять до 25 % от вырабатываемой энергии из-за длительного удержания воды в трубопроводных сетях для сохранения летнего тепла с целью его использования зимой. Для устранения этих недостатков недавние исследования были сосредоточены на предложении инновационных технологий для сетей ЦТ 4-го поколения. Эти технологии включают утилизацию избыточного тепла, новые решения по хранению тепла, децентрализованные компоненты и интеграция возобновляемых источников энергии. Благодаря внедрению этих технологий сети *4GDH* значительно снижают рабочие температуры, эффективно используют различные источники энергии и минимизируют потери тепла. Кроме того, они эффективно используют устойчивые источники тепла, такие как геотермальная энергия и сжигание отходов. Однако эти системы имеют некоторые ограничения. Например, в настоящее время невозможно использовать одну трубу для одновременного предоставления услуг отопления и охлаждения зданий.

Для решения этой проблемы была введена концепция ЦТ и охлаждения *5GDH*. Можно выделить ряд отличий этого поколения, которые или отсутствуют у предыдущих поколений, или являются менее выраженными по сравнению с предыдущими поколениями.

1. Замкнутый энергетический контур. Здания при отоплении или охлаждении постоянно теряют энергию из-за различных факторов. *5GDH* использует замкнутой энергетической сети, которая использует обратные потоки в различных масштабах. Например, обычные кондиционеры в холодный период сбрасывают удаляемый теплый воздух в окружающую среду без обработки. В системах 5-го поколения используют различные рекуператоры, позволяющие теплом удаляемого воздуха нагревать приточный. То же происходит и в тёплый период. Из кондиционируемых помещений удаляют воздух с температурой ниже температуры наружного воздуха, что позволяет тем же рекуператором «снять» холод с удаляемого воздуха и охладить воздух приточный.

2. Увеличение использования альтернативных источников энергии. Система *5GDH* стремится значительно сократить использование привычных источников энергии, чтобы сократить углеродные выбросы и удовлетворить местные потребности в энергии. Этот переход подразумевает использование низкосортных источников энергии, таких как тепло от процессов охлаждения и неглубокая геотермальная энергия, что может исключить ископаемое топливо из процесса производства энергии в сети. Кроме того, высокотемпературный спрос в системе может быть полностью удовлетворён за счёт высокосортных возобновляемых источников энергии, таких как глубинная геотермальная энергия или энергия биомассы [0].

3. Поставка энергии, ориентированная на спрос. Система *5GDH* генерирует и распределяет энергию тогда и там, где она необходима. Когда возникает потребность в отоплении или охлаждении, система реагирует быстро и на требуемом уровне температуры. Этот принцип требует, чтобы системы эффективно обеспечивали отопление или охлаждение на различ-

ных уровнях температуры для удовлетворения разнообразных потребностей потребителей.

4. Децентрализация. Предыдущие поколения ЦТ в основном полагались на централизованные системы, которые, передавая избыточную энергию, часто тратили её впустую. Четвёртая отличительная черта 5-го поколения заключается в том, что она постепенно расширяет локальные кластеры для облегчения прямого потока энергии между зданиями и внутри них. Такой подход снижает потери при передаче и способствует эффективному планированию, оптимизации затрат. В системе *5GDH* отопление/охлаждение может одновременно предоставляться различным клиентам при различных уровнях температуры, точно соответствуя их конкретным потребностям.

5. Комплексный подход к энергетическим потокам. Система *5GDH* воплощает целостный подход, который включает различные энергетические векторы, такие как электросети и солнечные электростанции. Для достижения этого интегрированная система использует интеллектуальные механизмы управления для точного прогнозирования и управления спросом и предложением различных векторов энергии из разных источников для удовлетворения потребностей различных потребителей. Такой подход не только дополнительно сокращает отходы, но и отдаёт приоритет локальной балансировке перед взаимодействием с внешней сетью, снижая нагрузку на электросеть и способствуя созданию более стабильной и сбалансированной системы [0].

Заключение. Создание систем теплоснабжения 5 и 4-го поколений обусловлено общими движущими силами, основанными декарбонизации, желании улучшить эксплуатацию возобновляемых источников энергии и местного отработанного тепла, а также мотивацией повысить общую эффективность использования энергии. Электрификация также является общей чертой систем 4 и 5-го поколений, но они отличаются тем, что 5-е фокусируется в первую очередь на электрификации конечных пользователей с использованием распределённых тепловых насосов, в то время как 4-е больше концентрируется на электрификации с централизованными тепловыми насосами на источниках.

Несмотря на все плюсы, массовое внедрение электрических тепловых насосов создаст проблемы, такие как большая нагрузка на пропускную способность линий электропередач и возросшая зависимость расходов на отопление и охлаждение от колебаний цен на электроэнергию. В частности, система *5GDH* будет оказывать большую нагрузку на местные распределительные сети электроснабжения, в то время как система 4-го поколения повлияет в первую очередь на распределительные сети электроснабжения более высокого напряжения из-за развёртывания крупных централизованных тепловых насосов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Yao S. A State-of-the-art Analysis and Perspectives on the 4–5th Generation District Heating and Cooling Systems / S. Yao, J. Wu, M. Qadrdan // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2024. P. 114 729.
2. Dang L. M. 5th Generation District Heating and Cooling: a Comprehensive Survey / L. M. Dang, L. Q. Nguyen, J. Nam // Energy Reports. 2024. Pp. 1 723–1 741.
3. Romanov D. Geothermal Energy at Different Depths for District Heating and Cooling of Existing and Future Building Stock / D. Romanov, B. Leiss // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2022. P. 112 727.

ОСОБЕННОСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ПОСЁЛКОВ

А. С. Цвяк, студент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Особенности систем водоснабжения малых посёлков заключаются в резко выраженной неравномерности водопотребления, которая выражается коэффициентами часовой и суточной неравномерности. Рассматриваются возможные варианты схем системы водоснабжения, отличающиеся разным составом основных сооружений. Изучение режима работы системы с использованием этой установки в лабораторных условиях показало целесообразность использования её в системах водоснабжения с небольшим водопотреблением при достаточно больших напорах в системе.

Ключевые слова: водоснабжение, водообеспеченность, река, водоочистка, водозабор, водопроводные сети

По данным Росстата, на момент 2021 г. в России более 25 % населения проживает в сельской местности. Повышение обеспеченности данной категории населения благами, в особенности водными ресурсами, – одна из острых проблем. Решение данной задачи возможно только при проведении комплексных работ по проектированию и строительству централизованных систем водоснабжения в посёлках, совхозах и селах. Данные мероприятия благоприятно скажутся на развитии сельскохозяйственного производства и животноводческого дела.

Вода в сельской местности расходуется в больших количествах, что связано с большим числом различных водопотребителей. К таким расходам относят:

- расход воды на удовлетворение потребности населения в питьевой воде;
- расход воды, используемой для орошения посевных угодий;
- расход воды для животноводческих комплексов и автономных ферм;
- снабжение водой сельских пастбищ.

Каждая из перечисленных групп имеет индивидуальные особенности. Они требуют особого подхода в плане организации снабжения водой, выбора насосных станций и их схемы подключения.

Выбор места забора воды и типа водозабора для подачи воды в села производят на основании анализа гидрологических условий. Источником водоснабжения посёлков и сёл зачастую служат подземные водные слои. В таком случае источник оснащается оборудованием для забора воды в виде нескольких колодцев, снабжённых погружными насосами, а также несколькими ёмкостями насосной системы и сетью, доставляющей воду в посёлок к потребителю.

В случаях, когда подземные источники не отвечают нормативным требованиям либо отсутствуют, для водоснабжения посёлка применяют поверхностные источники (реки, озёра, водохранилища). Для забора воды из поверхностных источников устраивают водозаборы, тип которых выбирают в зависимости от рельефных особенностей дна. Вода попадает на насосную станцию первого подъёма, где она проходит первичную очистку от крупного мусора. Далее в зависимости от качества воды в источнике вода поступает в различные системы дополнительной очистки (флотация, флокуляция, аэрация, хлорация и т. д.). В сельских районах в водоснабжении часто используют методы осветления воды без реагентов на основе медленных фильтров. После очистки вода поступает на станцию второго подъёма, откуда по водопроводной сети поступает к потребителю.

Необходимо также учесть возможность использования типовых проектов, применение которых ограничено в силу больших расчётных объёмов и высот водонапорных башен. При использовании действующих методов расчёта, особенно применяемых в учебных проектах, объём и высота башни часто превышают возможности их строительства.

Безбашенная схема водоснабжения может быть выбрана для обеспечения водой посёлков городского типа и городов с большим количеством населения и разнообразным составом водопотребителей (промпредприятия, строительные объекты и т. д.). График водопотребления характеризуется более равномерным водопотреблением по часам суток. Башенная схема водоснабжения в этих случаях не применяется, за исключением отдельных пригородных районов с малым составом водопотребителей и количеством потребляемой воды.

Меньшей степенью изученности отличаются сельские системы водоснабжения, характеризующиеся ощутимой разницей максимальных и минимальных расходов воды в течение суток. Следует отметить изменение минимального водопотребления в пределах 0,6–2,5 % от $Q_{сут}$ и максимального водопотребления до 8–9 % от $Q_{сут}$. Вопрос неравномерности суточного и часового водопотребления систем сельскохозяйственного водоснабжения рассматривается в работах Н. Н. Карамбилова, В. М. Усаковского, в которых обращается внимание на тот факт, что при наличии животноводческого сектора, в частности животноводческих комплексов, значительно повышается коэффициент часовой неравномерности. Сооружения системы водоснабжения, подающие воду потребителю – водопроводные сети, водонапорные башни, насосные станции второго подъёма безбашенных систем – рассчитывают с учётом часовых колебаний. Строится суммарный ступенчатый график водопотребления. Расходы на полив зелёных насаждений относят на часы минимального и среднего хозяйственно-питьевого водопотребления. Максимальный часовой расход воды находят по суммарному графику водопотребления.

Организация схемы водоснабжения посевных угодий производится в зависимости от гидрологических условий. При наличии подземного источника воды хорошего качества систему водоснабжения будут оборо-

довать скважиной с водоподъемным насосом, регулирующим резервуаром и специальной водоразборной колонкой, предназначенной для заливки воды в системы охлаждения техники. При плохом качестве добываемой воды, в системе дополнительно применяют оборудование для очистки и умягчения воды. Данные меры обеспечивают подачу воды требуемого качества. Нередко для этих задач используют установки по фильтрации и дезинфекции, установленные на автомобильные прицепы. Такое оборудование позволяет обеспечивать водой несколько полей сразу.

В случае полного отсутствия водных ресурсов надлежащего качества поблизости, могут доставлять воду на поля при помощи автоцистерн. Данный метод более дорогой по сравнению с местным водоснабжением, но, с другой стороны, позволяет разбирать систему водоснабжения в зимний период, когда поля не работают.

Очень важно правильно разместить пункты водоснабжения на территории пастбищ. Количество и схема их размещения зависят от радиуса обслуживания и продолжительности пребывания животных на пастбище. Водопойный пункт по возможности следует устраивать в центре выпасного участка, в легкодоступном месте.

Ввиду удалённости пастбищ от пунктов подключения электрической энергии пункты водопоя работают на энергии, вырабатываемой автономными генераторами. В качестве энергии могут использовать солнце, ветер или двигатель внутреннего сгорания. Пункты водопоя состоят из источника воды, оборудования для фильтрации и очистки, запасных резервуаров и корыт для поения.

Водопойные пункты, подающие большие объёмы воды, можно использовать как оросительные устройства, что позволяет организовать на пастбищах запасы кормовых растений.

Список источников

1. Малышева А. В. О проблемах сельского водоснабжения и путях их решения. URL: cyberleninka.ru/article/n/o-problemah-selskogo-vodosnabzheniya-i-putyah-ih-resheniya/viewer.

2. О водоснабжении и водоотведении: Федер. закон № 416-ФЗ от 07.12.2011 (ред. от 28.01.2022). URL: legalacts.ru/doc/FZ-o-vodosnabzhenii-i-vodootvedenii-ot-07_12_11.

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТОИМОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В. Р. Чупин, д-р техн. наук, профессор;

И. А. Абросимова, аспирант

*Иркутский национальный исследовательский технический университет,
Иркутск, Россия*

Аннотация. 21.12.2023 Приказом Минстроя России были пересмотрены сроки эксплуатации водопроводных сетей и сетей водоотведения, на фоне серьёзного изменения сроков эксплуатации, появляется необходимость пересмотра формулы расчёта СЖЦ. Большим недостатком существующей СЖЦ является «неподвижность» расчётов в разрезе возможных затрат не только на аварийный ремонт, но и на капитальный ремонт и на процессы, связанные с технологическим улучшением работы системы водоснабжения.

Ключевые слова: водопроводная сеть, полиэтиленовые трубы, жизненный цикл, стоимость жизненного цикла, строительное переустройство, транспонированная матрица

21.12.2023 Приказом Минстроя России было внесено изменение в СП 129.13330.2019, по которому были пересмотрены сроки эксплуатации труб водоснабжения и водоотведения, уточнены диаметры труб и типы соединения относительно изменённых сроков эксплуатации [1].

Данные нововведения оказали большое влияние на оценку стоимости и продолжительности жизненного цикла (далее – ЖЦ) систем водоснабжения, т. к. согласно [1] для расчёта ЖЦ объекта водоснабжения необходимо применить следующую формулу:

$$\text{СЖЦ} = (C_{ic}^{з+c} + C_{ic}^{ПР} + C_{ic} + C_{in}) + (C_e + C_o + C_m + C_s + C_{env}) + C_d, \quad (1)$$

$$\text{СЖЦ} = \sum_i^n \text{КАПИТ} + \sum_i^n \text{ЭКСПЛ} + C_d. \quad (2)$$

Анализ данной формулы показывает, что увеличение продолжительности эксплуатации труб приведёт к снижению СЖЦ, а значит, уменьшению $\sum_i^n \text{ЭКСПЛ}$, но рассматривая показатель C_m – стоимость затрат на ремонт, сервисное и техническое обслуживание (регламентное обслуживание), на регулярный расход товара (реагента или материала), не произойдёт ли обратная ситуация.

По данным Росстата, «в год сети водоснабжения стареют в среднем на $3 - 1,3 \% = 1,7 \%$, что в расчёте на 17 лет $1,7 \% \times 17 = 28,9 \%$ ». Если рассчитать по данной формуле изношенность полиэтиленовой трубы, согласно изменениям № 1 [2]

$$\frac{17}{100} = \frac{28,9 \%}{x \%},$$

$$\frac{17}{100} = \frac{0,289}{x}, \quad (3)$$

$$x = 1,7 \rightarrow 170 \% .$$

Отсюда получается, что за 100 лет эксплуатации полиэтиленовых труб произойдёт износ в 170 %, из чего можно сделать однозначный вывод, что через 100 лет труба будет полностью непригодна к использованию.

Но если рассмотреть данную проблему с другой стороны, в работах ряда учёных ЖЦ объекта строительства принято отображать в виде петли качества [3] (рис. 1).



Рис. 1. Модель ЖЦ продукции, представленная в виде «петли качества»

Исходя из формулы СЖЗ «петлю качества» можно разделить на следующие сектора, представленные на рис. 2.



Рис. 2. Объединённая модель ЖЦ (МЖЦ) и «петли качества»

Из данной модели очевидно, что в общепринятой МЖЦ в сектор с эксплуатационными затратами также вошло и «строительное переустройство», которое подробно описано в работах [4], согласно которым во время этапа 10 у объекта эксплуатации начинается новый ЖЦ, что говорит о спиралевидном развитии МЖЦ. Если обратиться к математическому описанию такого типа графиков, мы получаем степенные функции развития ЖЦ:

$$СЖЦ = \left(C_{ic}^{z+c} + C_{ic}^{PP} + C_{ic} + C_{in} \right)^T + \left(C_e + C_o + C_m + C_s + C_{env} \right)^T + C_d^T, \quad (4)$$

где T – количество циклов повторения строительного переустройства.

Такой подход говорит о целесообразности матричного представления СЖЦ в виде транспонированной матрицы размером 11×10 , где n – этап ЖЦ; m – составные члены СЖЦ (табл. 1).

Таблица 1

Этап	C_{ic}^{3+e}	C_{ic}^{PP}	C_{ic}	C_{in}	C_e	C_o	C_m	C_s	C_{env}	C_d
I	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
II	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
III	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
V	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
VI	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
VII	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
VIII	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
IX	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
X	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
XI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Такой способ представления СЖЦ даёт более наглядное представление об этапе ЖЦ и, соответственно, повышении эффективности эксплуатации системы водоснабжения. ЖЦ считается эффективным до тех пор, пока прибыль от него превышает затраты, – таким образом, можно сделать вывод, что согласно предыдущим расчетам водопроводная сеть будет считаться эффективной при не более трех повторях капитального ремонта водопроводной сети из полиэтиленовых труб.

Список источников

1. Изм. № 1 к СП 129.13330.2019. СНиП 3.05.04-85*. Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации.
2. ГОСТ Р 58785-2019. НС РФ «Качество воды. Оценка стоимости жизненного цикла для эффективной работы систем и сооружений водоснабжения и водоотведения».
3. Волков К. А. Управление эксплуатацией недвижимости: учеб. пособие / К. А. Волков, И. М. Шутова. СПб.: СПбГАСУ, 2007. С. 146.
4. Мохов А. И. Использование наилучших доступных технологий при формировании функционального наполнения здания на этапах его жизненного цикла / А. И. Мохов, И. А. Абросимова // Строительное производство. 2023. № 2. С. 75–79. DOI: 10.54950/26585340_2023_2_75.

6. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭКОЛОГИЯ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ. НИЗКОУГЛЕРОДНОЕ РАЗВИТИЕ, НАПРАВЛЕННОЕ НА УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В РЕГИОНЕ

УДК 662.6

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭКОЛОГИЯ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Е. В. Андрющенко, преподаватель I квалификационной категории
Ачинский колледж отраслевых технологий и бизнеса, Ачинск, Россия

Аннотация. Энергоэффективность и экология в строительной отрасли сегодня становятся не просто трендом, а неотъемлемой частью современного проектирования и строительства. В условиях глобальных вызовов, связанных с изменением климата и истощением природных ресурсов, необходимо переосмысление подходов к строительству, внедрение инновационных технологий и применение экологически чистых материалов. Рассмотрены вопросы применения различных материалов и методов для энергоэффективности и экологии в строительстве. Предложены варианты использования энергосбережения.

Ключевые слова: *энергоэффективное строительство, экология, «зелёный стандарт», тепловой насос, мастер-выключатель*

Энергоэффективность и экологичность становятся ключевыми компонентами устойчивого развития в строительстве. Строительные фирмы, осознавая, как их работа влияет на природу, внедряют новые подходы, нацеленные на уменьшение энергетических затрат и сокращение углеродных выбросов. Применение экологически чистых материалов и современных технологий способствует возведению зданий, которые не только органично вписываются в природное окружение, но и создают комфортные условия для жителей.

Строительная отрасль занимает важное место в современном мире, и её воздействие на экосистему может быть весьма значительным. В последнее время экологические вопросы в строительстве привлекают всё большее внимание, т. к. целью является снижение негативного влияния на окружающую среду и создание «здоровых» и устойчивых объектов.

Анализ экологических аспектов в строительстве приведён в табл. 1.

Экологические аспекты в строительстве

№	Наименование	Характеристика	Энергосберегающий эффект
1	Экологические материалы в строительстве	Деревянные материалы (ламинированный, клеёный брус), переработанный металл и стекло, изоляционные панели, окна с энергосберегающим эффектом	Снижение энергопотребления здания
2	Энергоэффективность зданий	Улучшенные теплоизоляционные характеристики зданий	Снижение энергозатрат для отопления, охлаждения и вентиляцию
3	Использование возобновляемых источников энергии	Солнечные панели, ветряные генераторы	Снижение выбросов углекислого газа
4	Автоматизация процесса	Автоматическое отключение электрооборудования, системы освещения с низким энергопотреблением	Рациональное использование энергии

Одним из ключевых аспектов энергоэффективного строительства является проектирование с акцентом на экологические принципы и устойчивое развитие, включая энергоэффективность и оптимизацию зданий. В условиях постоянно растущих тарифов на электроэнергию и инициатив со стороны государственных органов по уменьшению расходов потребителей, необходимость в строительстве энергоэффективных объектов становится всё более важной.

Энергооптимизированные здания способны сократить затраты на отопление и вентиляцию за счёт снижения энергетических потерь благодаря современным системам утепления и использованию технологий, уменьшающих потребление энергии.

Такие объекты могут интегрировать альтернативные источники энергии, что уменьшает зависимость от поставщиков электроэнергии. Проектирование энергоэффективных зданий ведёт к снижению расходов на электроэнергию и, в конечном итоге, снижает расходы на содержание помещений. Это, в свою очередь, способствует экономии энергии и сокращению выбросов вредных веществ в природу.

К числу методов устойчивого строительства относятся: применение энергоэффективных технологий, использование перерабатываемых и долгосрочных материалов, а также внедрение альтернативных систем управления водными ресурсами.

Внедрение энергосберегающих технологий. Важным аспектом строительства является проектирование, учитывающее энергоэффективность на всех этапах – от выбора места застройки до эксплуатации готового объекта. Внедрение энергосберегающих технологий, таких как системы

теплоснабжения, основанные на возобновляемых источниках энергии, и современные модели утепления, становится стандартом для новых проектов. Т. н. «зелёная архитектура» способствует созданию гармоничного взаимодействия между человеком и природой, сводя к минимуму негативное воздействие на экосистему.

Системы теплоснабжения на основе возобновляемых источников энергии представляют собой революционное решение, позволяющее не только значительно сократить затраты на отопление, но и существенно уменьшить углеродный след. Эти системы используют солнечную, геотермальную энергию или биомассу для производства тепла, предлагая жизнеспособную альтернативу традиционным методам, основанным на ископаемых видах топлива. Интеграция инновационных технологий, таких как тепловые насосы и солнечные коллекторы, обеспечивают значительный прирост эффективности, что, в свою очередь, снижает зависимость от невозобновляемых энергетических ресурсов. На рис. 1 представлен геотермальный тепловой насос.

Для своих действий тепловые насосы для отопления частного дома потребляют электричество. Но последнее не задействовано в нагревании ТЭНов или спиралей. Агрегат не создаёт саму энергию тепла, а служит только для активации системы, которая передаёт его от источника до потребителя. Поэтому затраты электричества в этом случае минимальны, по сравнению с потреблением другими системами. И если электрическому котлу для выработки 2 кВт тепла требуется поглотить ровно столько же электроэнергии, то тепловому насосу на это нужно всего от 300 до 700 Вт. Вот эта разница и выступает главным достоинством установки [2].

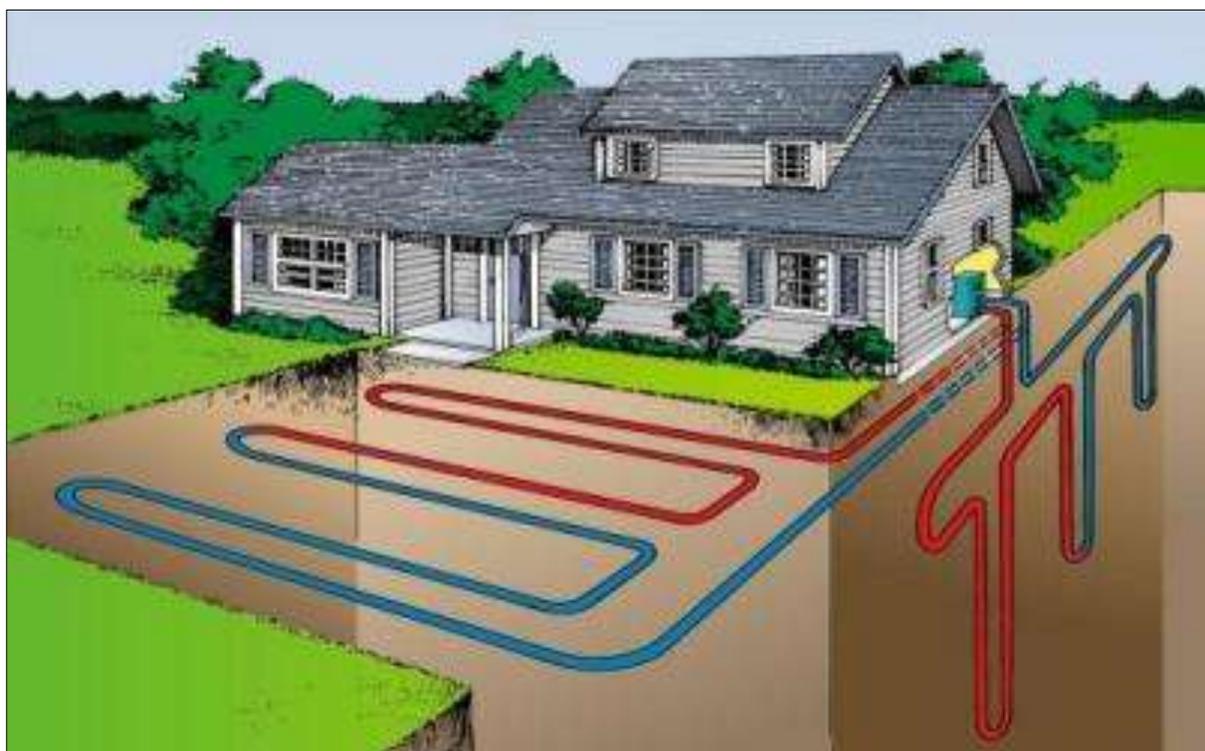


Рис. 1. Геотермальный тепловой насос

Важным аспектом является интеграция установки в существующие энергетические системы, что позволяет не только повысить уровень энергоэффективности, но и обеспечить надёжность и устойчивость энергообеспечения. Это делает энергосберегающую тепловую энергоустановку на основе возобновляемых источников энергии важным шагом к устойчивому развитию и охране окружающей среды.

Экологичное строительство и «зелёный» стандарт. В условиях стремительного урбанизационного процесса и глобальных климатических изменений, концепция экологичного строительства приобретает особую актуальность. Это не просто тренд, а необходимость, которая учитывает не только потребности настоящего, но и интересы будущих поколений.

Приказом Росстандарта 22 мая утверждён новый национальный стандарт ГОСТ Р 71 392-2024 «Зелёные» стандарты [1]. Основной принцип экологичного строительства заключается в минимизации негативного воздействия на окружающую среду на всех этапах жизненного цикла здания: от проектирования и возведения до эксплуатации и демонтажа.

«Зелёный» стандарт как система сертификации зелёных зданий задаёт высокие требования к энергоэффективности, использованию возобновляемых ресурсов и экологически чистых материалов. Он способствует созданию комфортной и здоровой микроклимата внутри помещений, что напрямую влияет на качество жизни их обитателей. Важно понимать, что каждый элемент, начиная от выбора площадки для строительства, заканчивая системой водоотведения, влияет на общую гармонию с природой (рис. 2).



Рис. 2. «Зелёный» стандарт

«Зелёный» стандарт представляет собой принципы, которые объединяют экологические, социальные и экономические элементы устойчивого развития. Этот стандарт не только служит бизнес-ориентиром, но и способствует формированию ответственного сообщества. Главная цель состоит в последовательном уменьшении негативного воздействия на природу при сохранении экономической жизнеспособности.

Реализация «зелёного» стандарта начинается с понимания значимости рационального использования ресурсов. Компании, следуя этим принципам, обращаются к возобновляемым источникам энергии, оптимизируют свои производственные потоки и применяют современные технологии, которые помогают снизить углеродный след. Это не только снижает потери, но и увеличивает конкурентоспособность на рынке.

Социальная ответственность является важной составляющей «зелёного» стандарта. Организации начинают учитывать права работников, условия труда. «Зелёные» инициативы могут приводить к созданию новых рабочих мест и улучшению качества жизни населения.

Таким образом, «зелёный» стандарт становится основой для гармоничного сосуществования человека и природы, формируя новых лидеров, готовых справляться с современными вызовами и заботиться о планете для будущих поколений. Экологическое строительство становится ключевым аспектом нашего стремления к устойчивому развитию, обеспечивая условия для жизни в здоровом окружении.

Мастер-выключатель и энергоэффективность. В качестве одного из способов снизить потребление неиспользуемой электрической энергии можно предложить мастер-выключатель, который в последнее время пользуется все большим спросом при строительстве новых объектов и ремонте уже существующих.

Мастер-выключатель – это устройство, позволяющее централизованно управлять электропитанием в помещении или здании. Он может быть использован для отключения всех электроприборов и освещения в комнате или на этажах, что способствует повышению энергоэффективности и безопасности (рис. 3).



Рис. 3. Мастер-выключатель

Плюсы использования мастер-выключателя с точки зрения энергоэффективности:

– снижение потребления энергии: обесточивая все отключаемые (кроме холодильников, пожарной и охранной сигнализации, бойлеров) устройства одновременно, можно предотвратить ненужное потребление электроэнергии, когда оборудование не используется;

– удобство: мастер-выключатель позволяет легко управлять всеми приборами, обеспечивая быструю реакцию на ситуации, когда требуется отключить все источники питания;

– безопасность: в случае опасных ситуаций (например, при пожаре или коротком замыкании) возможность быстрого отключения питания может снизить риск повреждений и травм;

– умные технологии: мастер-выключатели могут быть интегрированы в системы умного дома, что позволяет автоматически оптимизировать использование энергии в зависимости от времени суток и присутствия людей в помещении.

В итоге использование мастер-выключателя является одним из способов повышения энергоэффективности и улучшения управления потреблением электроэнергии в домашних условиях или в офисах.

Заключение. Таким образом, приверженность принципам энергосбережения и экологической ответственности открывает новые горизонты для строительной отрасли, формируя более устойчивое будущее для следующих поколений.

Формы участия в этой трансформации могут быть разнообразными. К ним относятся города, стремящиеся к созданию устойчивой городской инфраструктуры, и частные компании, инвестирующие в развитие «зелёных» технологий. Также важную роль играют государственные органы, которые могут способствовать переходу на энергоэффективные решения через финансирование и законодательные инициативы.

Совместные усилия всех участников процесса – и архитекторов, и инженеров, и урбанистов, и экологов – способны привести к созданию гармоничного пространства, где природа и технологии сосуществуют в едином потоке. В конечном итоге главная задача заключается в том, чтобы строительная отрасль не только удовлетворяла потребности человека, но и соответствовала запросам нашей планеты.

Кроме того, переход на возобновляемые источники способствует не только экономии ресурсов, но и укреплению энергетической безопасности.

Социальные выгоды, такие как создание новых рабочих мест в секторах «зелёной» экономики, делают этот процесс особенно актуальным для регионов с высокой безработицей. Так, внедрение энергосберегающих технологий становится не только технологическим изменением, но и важным вкладом в будущее нашей планеты.

Список источников

1. ГОСТ Р 71 392-2024. НС РФ «Зелёные» стандарты». URL: docs.cntd.ru/document/1306224563.

2. Что такое тепловой насос и как грамотно его выбрать? URL: m-strana.ru/articles/teplovooy-nasos.

3. Мастер-выключатель: что это и для чего нужен? URL: dzen.ru/a/Y6Fsom927x5-kVNA?ysclid=m1w528pk2d155185225.

ОБЪЁМНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДОНА В ВОЗДУХЕ ПОДВАЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ПАМЯТНИКА АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

П. Ю. Веде, старший преподаватель;

Е. В. Круторогова, магистрант;

Р. А. Назиров, д-р техн. наук, профессор

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В рамках исследования были произведены измерения объёмной активности (далее – ОА) радона (Rn) в подвальном помещении объекта культурного наследия. По полученным данным с применением методики оценки ОА Rn в помещениях, описанной в СП 321.1325800.2017, и численного моделирования спрогнозировано влияние воздухообмена на ОА Rn . В результате расчёта численной модели получены распределения ОА Rn в помещении с учётом переноса воздушных масс. Зависимости ОА Rn от воздухообмена, полученные по результатам моделирования и теоретического расчёта, идентичны.

Ключевые слова: *радон, объёмная активность, воздухообмен, численное моделирование*

Радиационный фон помещений является одним из основных источников облучения человека. Наибольший вклад в годовую дозу облучения вносит радиоактивный газ Rn , дочерний продукт распада радия. Основным источником Rn являются грунт под зданием и строительные конструкции на основе минерального сырья. При проектировании новых зданий жилищного и общественного назначения должно быть предусмотрено, чтобы среднегодовая эквивалентная равновесная объёмная активность (далее – ЭРОА) дочерних продуктов Rn и торона в воздухе помещений не превышала 100 Бк/м^3 , а в уже эксплуатируемых зданиях ЭРОА Rn не должна превышать 200 Бк/м^3 [1].

Здания, которые могут представлять радоновую опасность, – это объекты, возведённые до введения нормативной базы по радиационной защите, вследствие чего могут располагаться в радоноопасных зонах (рис. 1). В Красноярске таких зон несколько, в одной из которых находится исторический центр города. Многие здания, спроектированные и возведённые без учёта защиты населения от радиации, имеют статус объектов культурного наследия и изменённое изначальное функциональное назначение. В этих объектах в т. ч. часто эксплуатируются подвальные помещения, переоборудованные под общественные заведения.

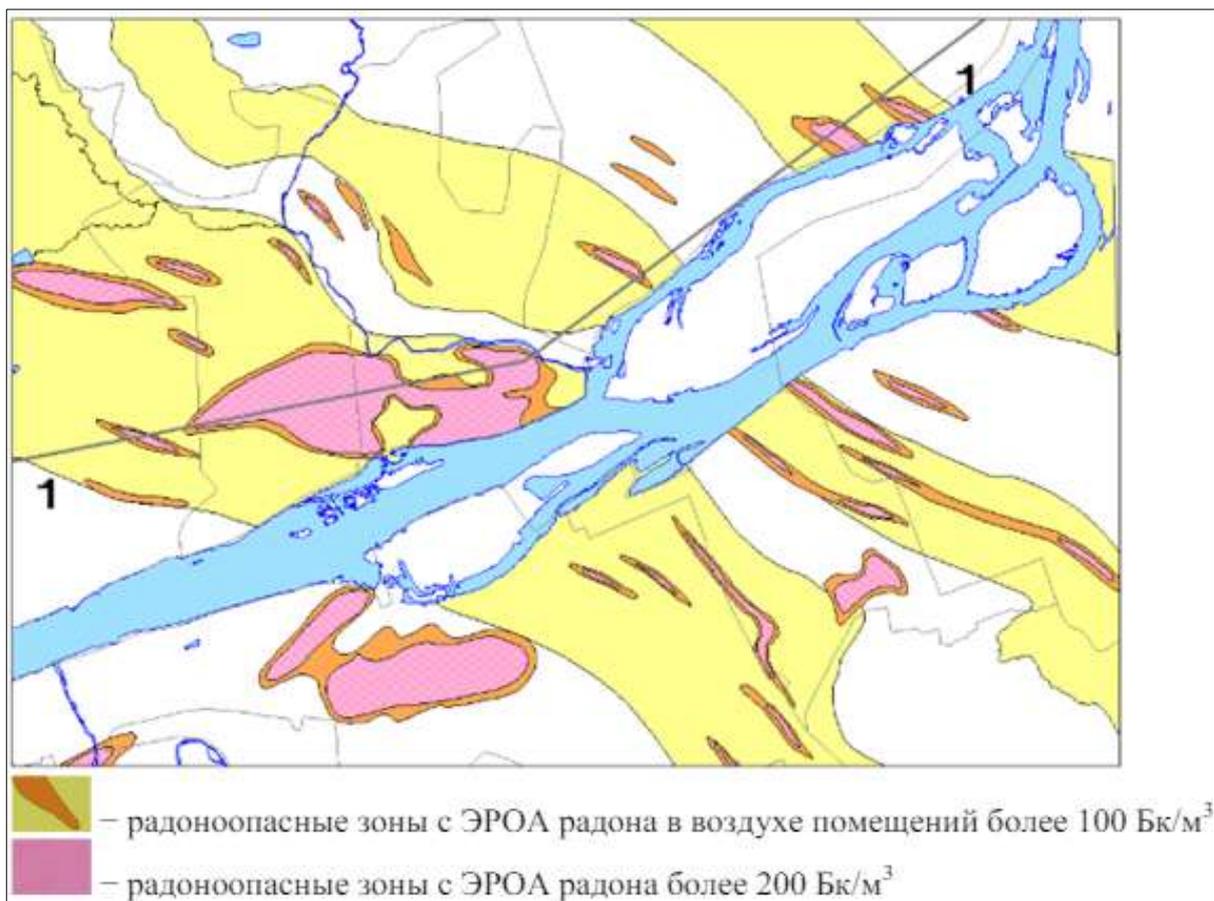


Рис. 1. Карта радонноопасных зон территории Красноярск [2]

В этой работе объектом исследования является 2-эт. каменное здание бывшей мужской гимназии по адресу: г. Красноярск, ул. Ленина, 70 / ул. Вейнбаума, 36, которое получило статус памятника и было включено в реестр объектов культурного наследия [3]. В настоящее время здание используется в качестве учебного корпуса Сибирского федерального университета.

Согласно проекту реконструкции одно из подвальных помещений будет отведено под кафе. Воздухообмен в здании осуществляется следующим образом: воздух с улицы попадает в здание через открытые фрамуги, неплотно прилегающие элементы оконных и дверных конструкций, перемещение воздуха от одного помещения к другому и внутри него происходит самопроизвольно, отработанный воздух покидает здание через вытяжные вентиляционные каналы.

В рамках исследования были произведены замеры ОА Rn в подвальном помещении и проведено численное моделирование для получения распределения концентрации Rn в воздухе.

Для измерения ОА Rn использовали Rn-монитор *Alphaguard PQ2000*. Результаты измерений сведены в табл. 1.

Результаты натуральных измерений ОА Rn

№	Температура (°С)	Относительная влажность (%)	ОА Rn222 (Бк/м ³)	ЭРОА Rn* (Бк/м ³)	Мощность дозы гамма-излучения (нЗв/ч)
Измерения в помещении					
1	21,9	51,3	148	74,0	129
2	21,5	51,8	140	70,0	160
3	20,1	54,3	134	67,0	145
4	19,5	54,8	156	78,0	150
5	18,9	55,3	102	51,0	132
6	18,4	54,8	202	101,0	149
средние	20,1	53,7	147	73,5	144
Измерения на территории					
7	20,3	51,8	17,9	9,0	115

Примечание: * – при коэффициенте равновесия между ОА Rn и ДПР – 0,5 (0,2–0,8) [4].

По результатам измерений, ОА Rn в воздухе подвального помещения составила 147 Бк/м³, при этом на открытом воздухе – 17,9 Бк/м³. Средняя мощность дозы гамма-излучения – 144 и 115 нЗв/ч соответственно. Повышенная ОА Rn в воздухе помещений относительно наружного объясняется дополнительным эманированием из строительных конструкций и ограниченным объёмом помещения и в значительной степени зависит от кратности воздухообмена. Мощность дозы гамма-излучения в здании примерно на 20 % выше, чем на открытом воздухе, за счёт излучения от конструкций с шести направлений (четыре стены, пол, потолок) относительно двух направлений (излучение от грунта, космическое излучение).

Согласно СП 321.1325800.2017 [5] прогнозное значение ЭРОА Rn можно определить по формуле:

$$\text{ЭРОА Rn} = \left(\frac{Q_{\text{вп}} \times S_{\text{вп}} + Q_{\text{гп}} \times S_{\text{гп}}}{V \times (\lambda + n_0)} + \frac{A_{\text{н}} \times n_0}{(\lambda + n_0)} \right) F, \quad (1)$$

где $Q_{\text{вп}}$ и $Q_{\text{г}}$ – плотности потока Rn от внутренних поверхностей ограждающих конструкций и конструкций граничащих с грунтом (Бк/(м²×с)) площадью $S_{\text{вп}}$ и $S_{\text{г}}$ (м²) соответственно; $A_{\text{н}}$ – ОА Rn наружного воздуха (Бк/м³); $\lambda = 0,00755 \text{ ч}^{-1}$ – постоянная распада Rn; n_0 – кратность воздухообмена (ч⁻¹); V – объём помещения (м³).

В этой формуле $Q_{\text{вп}} \times S_{\text{вп}} + Q_{\text{гп}} \times S_{\text{гп}}$ (Бк/с) – скорость поступления Rn в помещение. Учитывая (1), это значение будет равняться

$$v = \text{ОА Rn} \times V (\lambda + n_0) - A_{\text{н}} \times n_0. \quad (2)$$

Подставив в уравнение (2) измеренные значения ОА Rn (табл. 1), $V = 453,7 \text{ м}^3$, измеренное значение $n_0 = 0,15 \text{ ч}^{-1}$, получим $\nu = 2,58 \text{ Бк/с}$.

Используя полученные значения, можно построить зависимость ОА Rn от кратности воздухообмена (рис. 3) по выражению вида:

$$\text{ОА Rn}(n_0) = \frac{\nu / V + A_{\text{H}} \times n_0}{\lambda + n_0}. \quad (3)$$

Для получения распределения ОА Rn в помещении с учётом переноса воздушных масс произведено численное моделирование. Диффузия Rn описывалась уравнением 2-го закона Фика, где в области воздуха заданы скорости, полученные в результате решения уравнения Навье – Стокса. В уравнении диффузии скорость реакции выражается:

– для скорости распада атомов Rn:

$$R = -C \times \lambda; \quad (4)$$

– для скорости рождения атомов Rn:

$$R = A_{\text{Ra}} \times \rho \times \lambda \times \eta, \quad (5)$$

где C – концентрация Rn (Бк/м^3); A_{Ra} – активность радия (Бк/кг); ρ – плотность материала (кг/м^3); η – коэффициент эманирования.

Характеристики материалов (табл. 2) приняты по литературным данным и уточнены в процессе моделирования для сопоставимости измеренного и расчётного значения ОА Rn.

Таблица 2

Характеристики материалов

Наименование	ρ (кг/м^3)	A_{Ra} (Бк/кг)	η	D ($\text{м}^2/\text{с}$)
Грунт	1 400	50	0,25	$5,00 \times 10^{-6}$
Бетон	2 400	30	0,10	$3,34 \times 10^{-8}$
Кирпич	1 800	35	0,07	$8,39 \times 10^{-8}$
Воздух	1,23	–	–	$1,09 \times 10^{-5}$

Геометрия модели представлена на рис. 2.

В качестве наружных граничных условий принята постоянная концентрация Rn, измеренная на открытом воздухе на территории здания, равная $17,9 \text{ Бк/м}^3$. Далее модель была рассчитана для различных скоростей воздуха на вытяжных отверстиях от 0,2 до 0,4 м/с, с кратностью воздухообмена, соответственно, от 0,21 до 0,43 ч^{-1} .

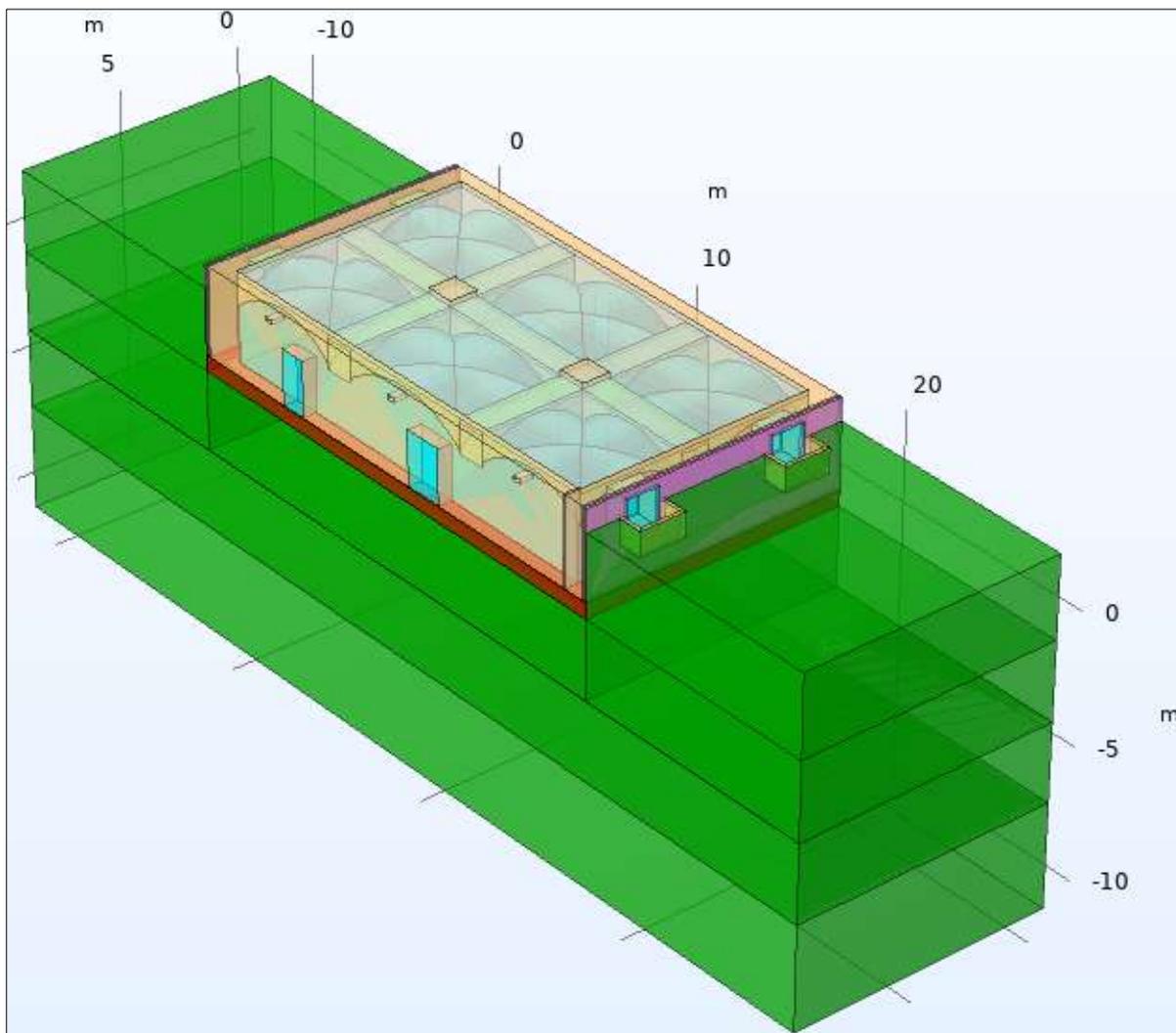


Рис. 2. Исследуемое помещение подвала. Расчётная модель

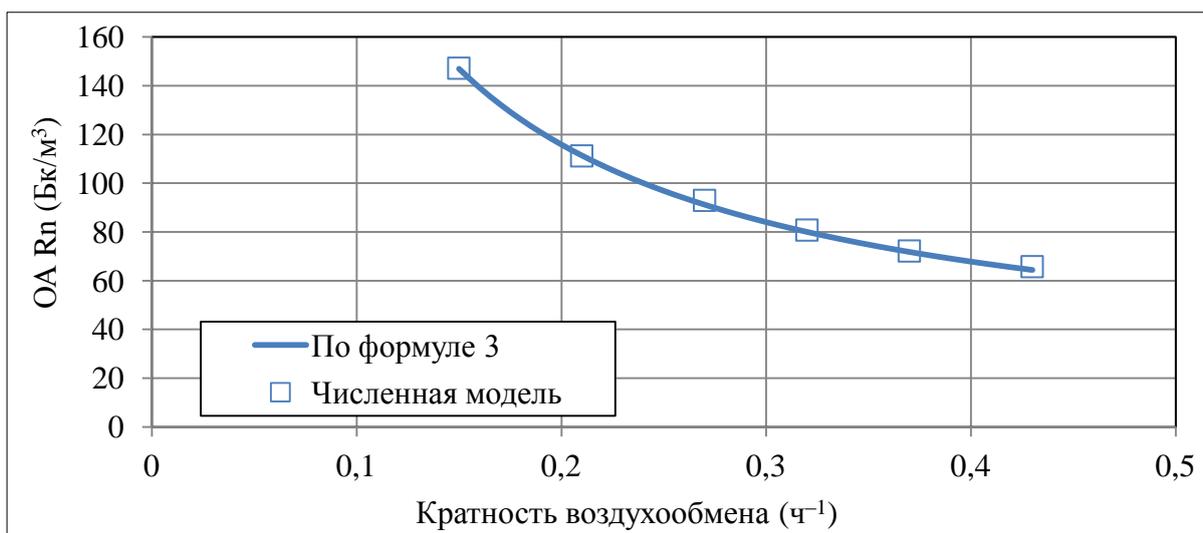


Рис. 3. Зависимость OA Rn от воздухообмена

В результате численного моделирования получены распределения концентраций Rn в помещении (рис. 4, 5). Данные численного моделирования хорошо коррелируют с данными полученными расчётным путём.

В табл. 3 приведены значения средней, минимальной и максимальной ОА Rn в воздухе помещения в зависимости от воздухообмена.

Таблица 3

Расчётные активности Rn при различной величине воздухообмена по результатам численного моделирования

Скорость воздуха (м/с) (воздухообмен (ч ⁻¹))	ОА Rn (Бк/м ³)			
	Среднее	Минимум	Максимум	Диапазон
0,14 (0,15)	147,2	17,6	823,8	806,2
0,2 (0,21)	111,2	17,7	605,7	588,0
0,25 (0,27)	93,0	17,7	525,8	508,1
0,3 (0,32)	80,8	17,7	468,9	451,2
0,35 (0,37)	72,2	17,8	436,3	418,5
0,4 (0,43)	65,8	17,8	426,0	408,2

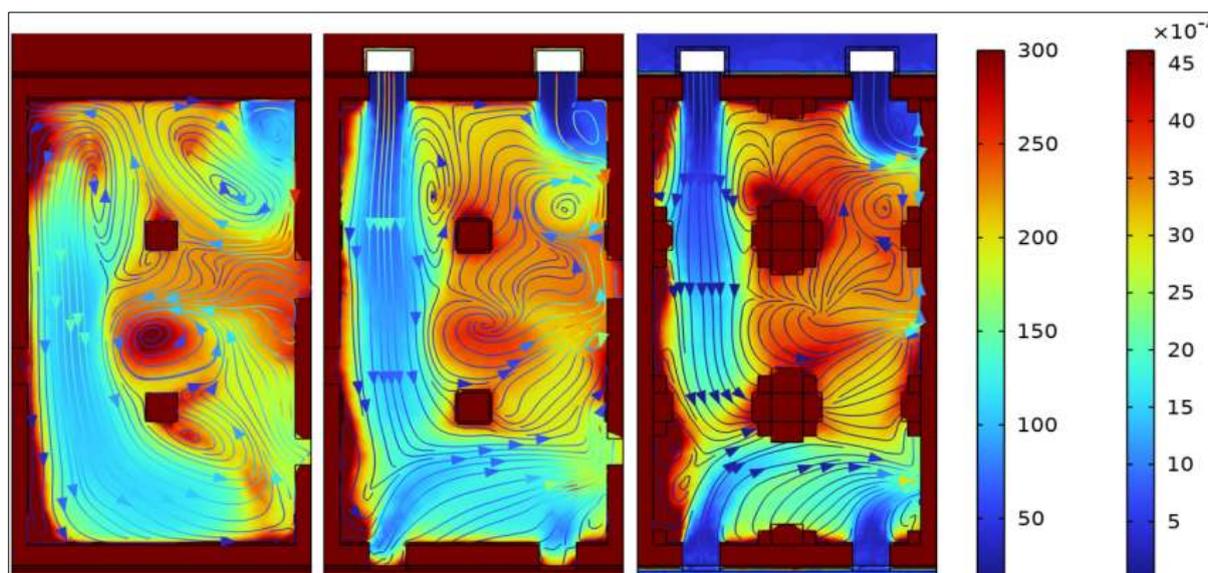


Рис. 4. Распределение концентрации Rn (Бк/м³) и токи воздушных масс в плане помещения на высоте 1, 2 и 2,5 м (слева направо) при воздухообмене 0,15 ч⁻¹

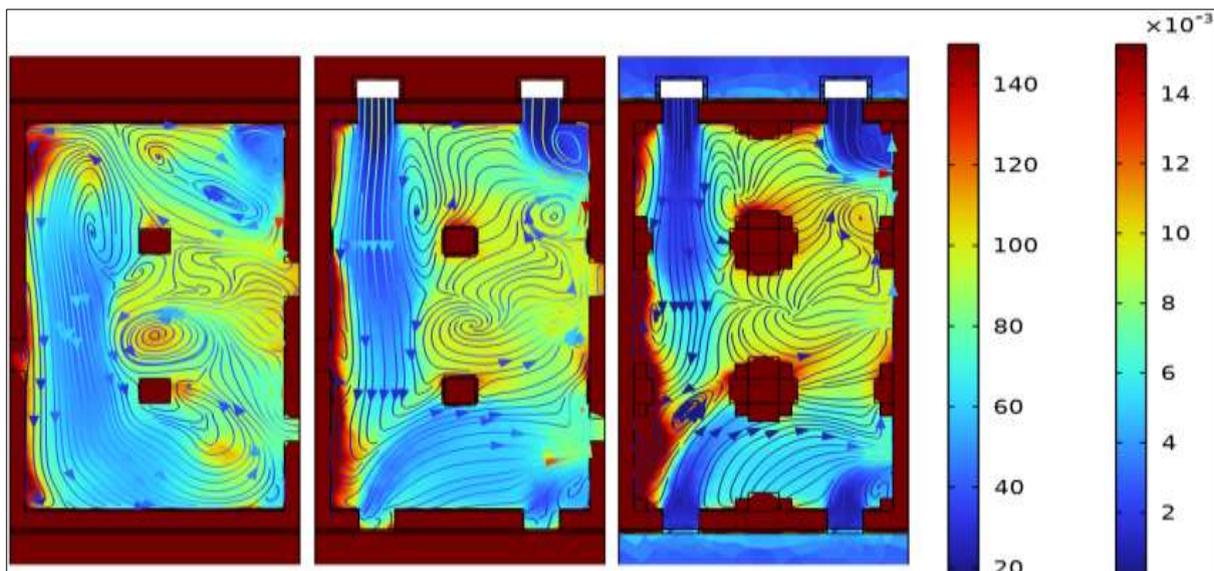


Рис. 5. Распределение концентрации Rn (Bq/m^3) и токи воздушных масс в плане помещения на высоте 1, 2 и 2,5 м (слева направо) при воздухообмене $0,43 \text{ ч}^{-1}$

Выводы. В результате перемещения воздушных масс в пространстве помещения могут формироваться постоянные потоки воздуха и застойные области. В этой связи разница между максимальной и минимальной концентрацией Rn , который распределяется в зависимости от перемещения воздуха, может сильно увеличиваться. Диапазон по результатам численного моделирования составил до $806,2 \text{ Bq}/m^3$ при среднем значении ОА Rn $147,2 \text{ Bq}/m^3$.

Список источников

1. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. М.: Центр сан.-эпид. нормирования, гигиен. сертификации и экспертизы Минздрава России, 2009.
2. Чечетки В. А. Карта радоноопасности территории Красноярск / В. А. Чечетки, А. В. Акимова, С. А. Кургуз. 2012.
3. О неотложных мерах по охране, реставрации и использованию памятников истории и культуры: Решение исполкома Красноярского краевого Совета народных депутатов № 345 от 24.12.1986.
4. МУ 2.6.1.037-2015. 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Определение среднегодовых значений ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений по результатам измерений разной длительности.
5. СП 321.1325800.2017. Здания жилые и общественные. Правила проектирования противорадоновой защиты.

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТЕКЛОБЕТОНА МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

С. С. Добросмыслов^{1,2}, канд. техн. наук;

В. А. Шакирова², аспирант

¹ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

²Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Стеклобетон является новым материалом в строительной отрасли, обладает уникальными свойствами, такими как лёгкость, долговечность, высокая прочность. Его прочностные характеристики могут быть улучшены с помощью химической обработки. В данной работе рассматривается потенциал химической обработки для повышения прочности стеклобетона. Проведён анализ воздействия химической обработки в составе бетона на основе тонкомолотого стекла, с акцентом на изменение прочностных характеристик данного строительного материала.

Ключевые слова: высокопрочный материал, бетон, прочность, стекло, экология

Стеклобетон – это современный строительный материал, на основе тонкомолотого стекла, с широким спектром применения и многими преимуществами. Его высокая прочность, устойчивость к воздействию окружающей среды и экологичность делают его привлекательным для строительной индустрии. Применение стеклобоя приносит комплексные выгоды. Это не только способствует экологической утилизации отходов, но и позволяет сократить потребление природных ресурсов, заменяя их вторичным сырьем [1; 2].

Одним из перспективных направлений повышения прочности стеклобетона является применение методов химической обработки [3; 4]. Химическая обработка стеклобетона включает в себя использование различных реагентов, добавок и модификаторов. Эти вещества способствуют оптимизации физико-механических свойств.

Химическая обработка позволяет изменить микроструктуру стекла, что улучшает его физико-химические характеристики, такие как растворимость, прочность и степень прозрачности. Каждый из компонентов играет свою ключевую роль в формировании конечных свойств материала, делая его более универсальным и эффективным.

Для проведения экспериментов были выполнены образцы (кубы) стеклобетона с разной химической обработкой.

Основной материал, используемый в составе образцов, представляет собой тонкомолотое стекло, обработанное плавиковой кислотой (HF), пластификатором «Реомакс» и оксидом кальция (CaO).

Химическая обработка для образцов:

1) H₂O (вода): контрольная группа образцов, не подвергавшаяся дополнительной обработке, кроме основной;

2) NaOH (гидроксид натрия): обработка щелочным раствором, вероятно, для изучения влияния щелочной среды на свойства материала;

3) KOH (гидроксид калия): обработка щелочным раствором, аналогично NaOH, но с использованием другого щелочного металла.

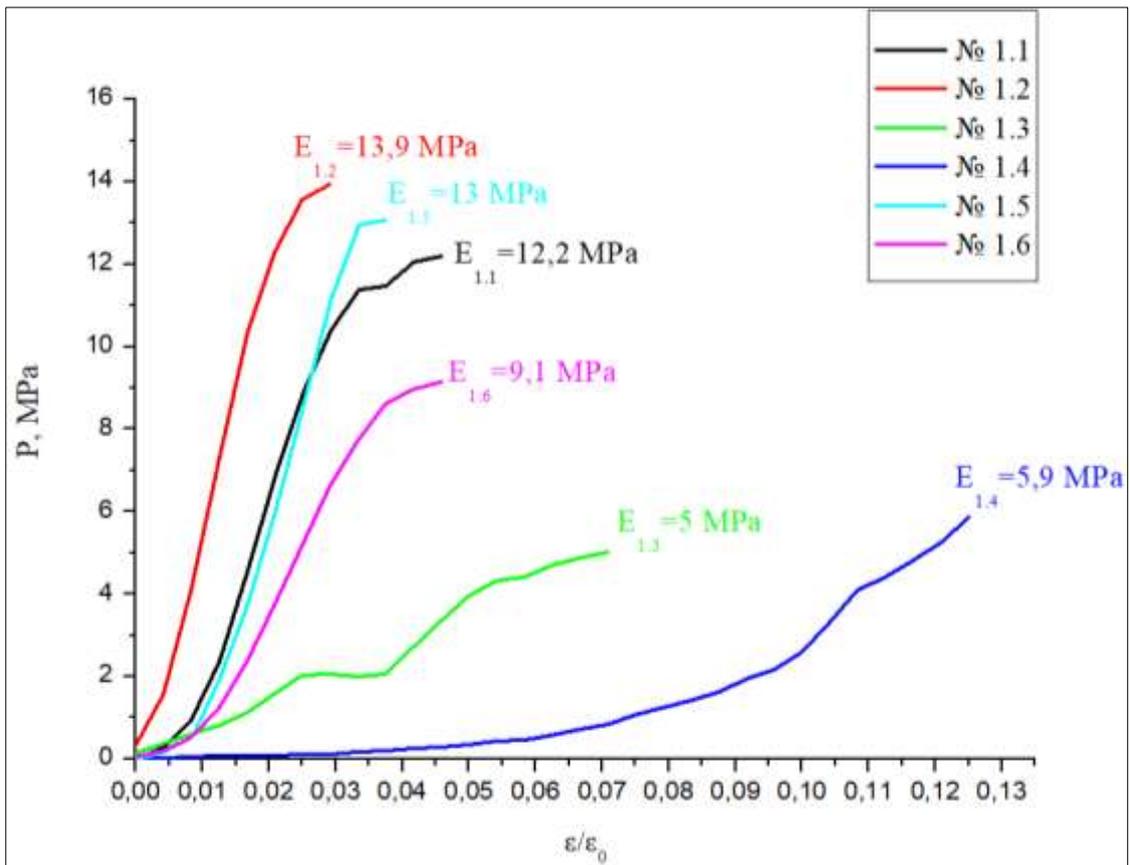
Первый этап исследования – это важная предварительная стадия, направленная на определение наиболее перспективных химических обработок стеклобетона. Полученные данные позволят сфокусироваться на исследовании эффективности выбранных методов в дальнейшем.

Характеристики и свойства образцов, а также кубиковая прочность, приведены в табл. 1, результаты испытаний на прочность – на рис. 1. Данные образцы схватывались при температуре 40 °С.

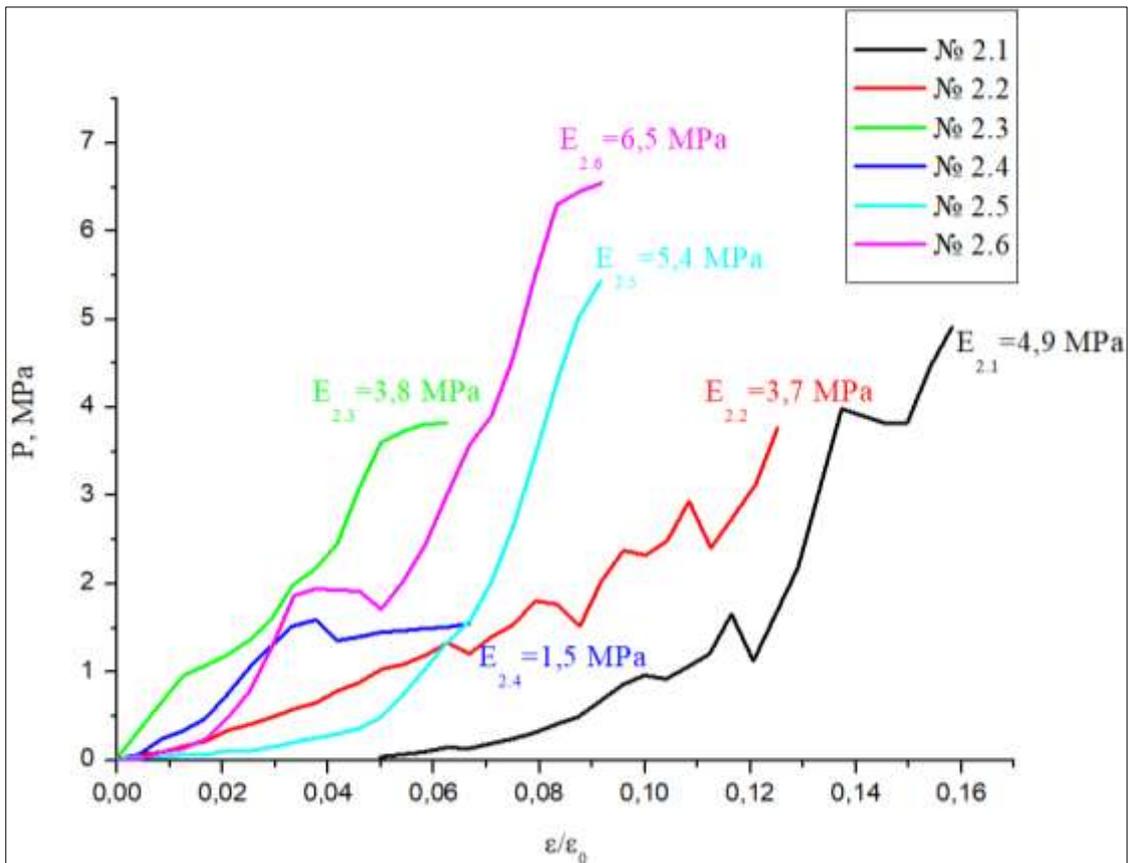
Таблица 1

Характеристики и свойства испытываемых образцов

№	Химическая обработка	Плотность (г/см ³)	Кубиковая прочность (МПа)
1. Тонкомолотое стекло + 1 % HF + Реомакс + СаО			
1.1	H ₂ O	1,55	12,2
1.2	H ₂ O	1,40	13,9
1.3	NaOH	1,28	5,0
1.4	NaOH	1,35	5,9
1.5	KOH	1,45	13,0
1.6	KOH	1,43	9,1
2. Тонкомолотое стекло + 3 % HF + Реомакс + СаО			
2.1	H ₂ O	1,29	4,9
2.2	H ₂ O	1,18	3,7
2.3	NaOH	1,21	3,8
2.4	NaOH	1,26	1,5
2.5	KOH	1,27	5,4
2.6	KOH	1,30	6,5



a



б

Рис. 1. Результаты прочностных характеристик:
 а – образцы на основе тонкомолотого стекла + 1 % HF + CaO;
 б – образцы на основе тонкомолотого стекла + 3 % HF + CaO

Наилучшие результаты показали образцы, обработанные водой (H₂O) и гидроксидом калия (KOH).

Обработка водой (H₂O) являлась контрольной группой. Результаты показывают, что даже без дополнительной обработки стеклобетон демонстрирует удовлетворительную прочность. Обработка гидроксидом калия (KOH), также как и обработка водой, привела к значительному улучшению прочностных характеристик стеклобетона по сравнению с контрольной группой. Обработка гидроксидом натрия (NaOH), наоборот, не дала ожидаемого положительного эффекта и даже ухудшила прочность по сравнению с контрольной группой.

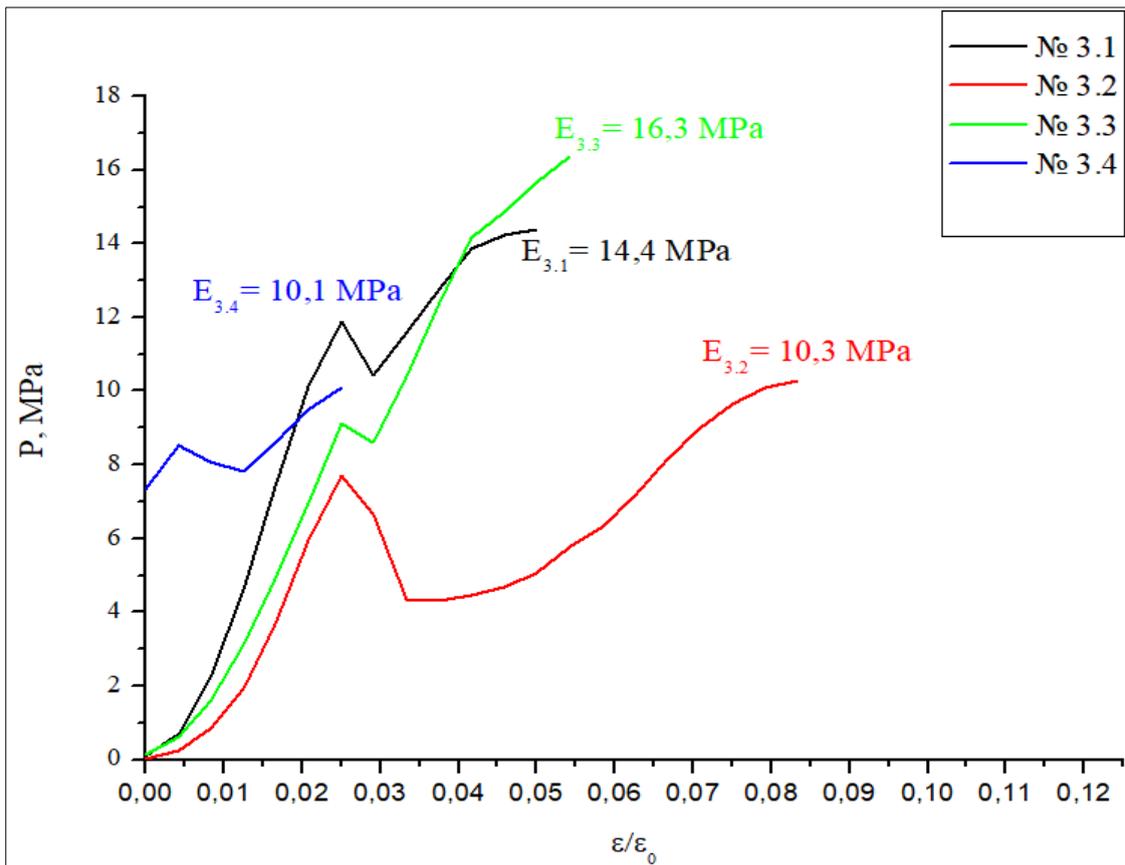
Гидроксид калия (KOH) и гидроксид натрия (NaOH) являются сильными щелочами. Их воздействие на стеклобетон может быть различным. Гидроксид калия вступает в более благоприятные химические реакции с компонентами стеклобетона, усиливая его структуру, тогда как гидроксид натрия может вызывать нежелательные химические процессы, ослабляющие материал. Обработка водой способствует более равномерному распределению компонентов стеклобетона и образованию более плотной структуры.

Следующий этап исследования направлен на изучение влияния пропарки на стеклобетон, обработанный водой (H₂O) и гидроксидом калия (KOH). Результаты позволят определить, повышает ли пропарка образцов в пропарочной камере (продолжительностью 8 ч при температуре 80 °С) прочность стеклобетона с химической обработкой (табл. 2). Результаты испытаний на прочность приведены на рис. 2.

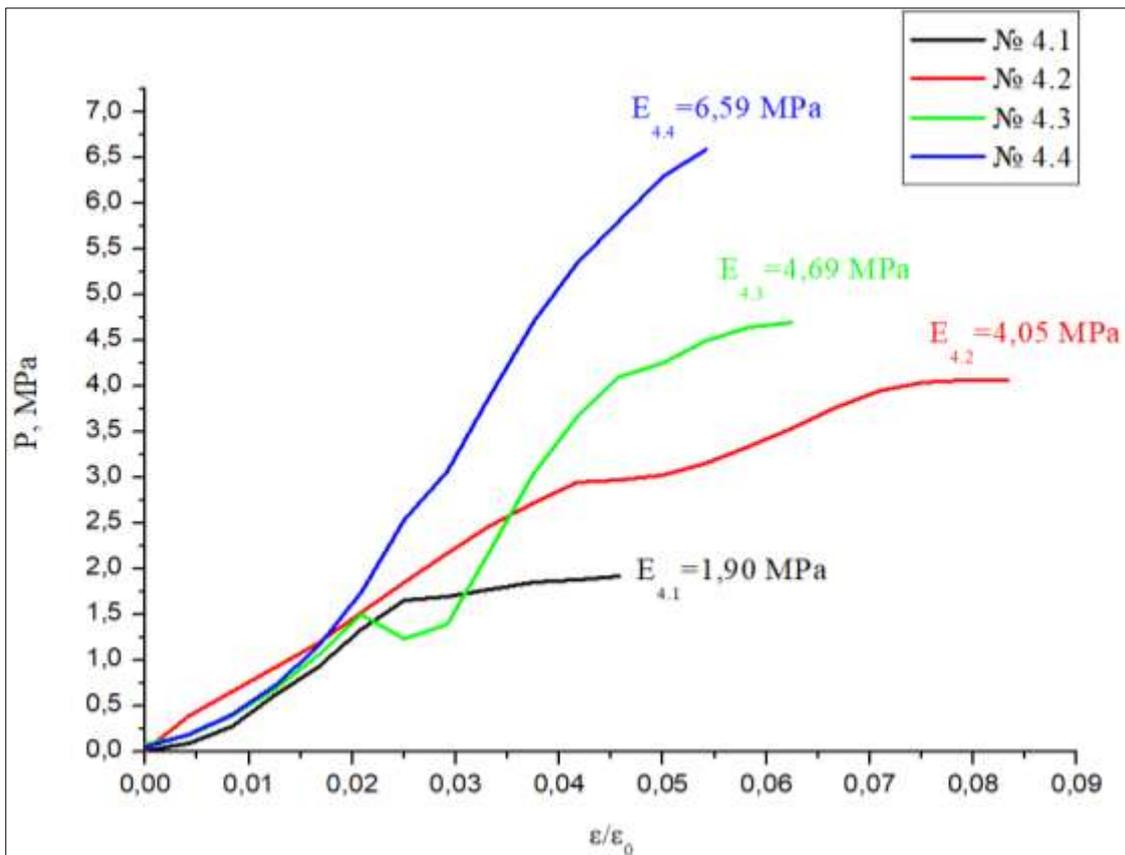
Таблица 2

Характеристики и свойства испытываемых образцов при пропарке 8 ч

№	Химическая обработка	Плотность (г/см ³)	Кубиковая прочность (МПа)
3. Тонкомолотое стекло + 1 % HF + Реомакс + СаО			
3.1	H ₂ O	1,55	14,4
3.2	H ₂ O	1,63	10,3
3.3	KOH	1,47	16,3
3.4	KOH	1,45	10,1
4. Тонкомолотое стекло + 3 % HF + Реомакс + СаО			
4.1	H ₂ O	1,37	1,9
4.2	H ₂ O	1,38	4,05
4.3	KOH	1,68	4,69
4.4	KOH	1,44	6,59



a



б

Рис. 2. Результаты прочностных характеристик:
a – образцы на основе тонкомолотого стекла + 1 % HF + CaO;
б – образцы на основе тонкомолотого стекла + 3 % HF + CaO

Было установлено, что прочность стеклобетона после пропарки зависит от концентрации плавиковой кислоты (HF), использованной при создании образцов.

Низкая концентрация HF создала оптимальную шероховатость, которая способствовала более прочному сцеплению с цементным камнем и в результате повышению прочности при пропарке. Высокая концентрация HF, создала излишнюю шероховатость или даже повредила структуру стекла, что привело к снижению прочности после пропарки. Пропарка, как правило, способствует повышению прочности стеклобетона, ускоряя гидратацию цементного камня. Однако, в случае с 3 % HF изменённая структура стекла не позволила получить положительный эффект от пропарки.

Сравнение с актуальными строительными материалами. Выбор строительного материала для конкретного объекта зависит от многих факторов, включая его прочность. Прочность материалов характеризуется их способностью выдерживать нагрузки без разрушения. В данном обзоре представлено сравнение прочности популярных строительных материалов – газобетона и кирпича со стеклобетоном.

Прочностные характеристики газобетона и кирпича могут различаться в зависимости от конкретных марок материалов и их применения. Для сравнения приведём прочностные характеристики актуальных материалов, используемых в строительстве.

Газобетон марки D400 обладает прочностью 2,5–3 МПа [5]. Прочность кирпича выдерживается в пределах 5–10 МПа [6].

В данном исследовании было выявлено, что прочность стеклобетона составляет от 5 до 16 МПа, в зависимости от вида химической обработки и термообработки. Следовательно, стеклобетон может быть в 2–3 раза прочнее, чем газобетон. В зависимости от конкретной химической обработки, стеклобетон может быть равноценным или превосходить кирпич по прочности.

Выводы. Результаты показали, что химическая обработка эффективно увеличивает прочностные характеристики стеклобетона, расширяя его применение в различных инженерных областях.

1. Использование различных химических обработок влияет на эксплуатационные качества. Наилучшие результаты были достигнуты при использовании растворов, основанных на воде (H₂O) и гидроксиде калия (KOH). В отличие от гидроксида натрия (NaOH), который не оказал положительного влияния на прочность стеклобетона, обработка KOH привела к значительному улучшению прочности.

2. Результаты показывают, что пропарка не всегда приводит к повышению прочности; при различной оптимизации концентрации плавиковой кислоты изменяются прочностные характеристики образцов.

3. Использование стеклобетона с химической обработкой позволяет получить высокопрочный строительный материал. В сравнении с другими строительными материалами его прочность выше в 2–3 раза.

Список источников

1. Chung S.-Y. Evaluation of the Effects of Crushed and Expanded Waste Glass Aggregates on the Material Properties of Lightweight Concrete Using Image-based Approaches / S.-Y. Chung, M. Abd Elrahman, P. Sikora et al. // *Materials*. 2017. No. 10. P. 1 354.
2. Анцупов Ю. А. Изготовление отделочных плиток па основе полимерных отходов / Ю. А. Анцупов, А. В. Ильин, В. А. Лукасик // *Строительные материалы*. 2004. № 1. С. 44–45.
3. Тараканов О. В. Химические добавки в растворы и бетоны: моногр. Пенза: ПГУАС, 2016. 156 с.
4. Хузин А. Ф. Физико-механические свойства высокопрочного бетона, модифицированной комплексной добавкой / А. Ф. Хузин, Р. А. Ибрагимов // *Известия КазГАСУ*. 2015. № 4 (34).
5. Гринфельд Г. И. Деформативность и прочность сцепления кладки из автоклавного газобетона в зависимости от его плотности и прочности // *Технологии бетонов*. 2016. № 5–6 (118–119). С. 12–14.
6. СП 15.13330.2020. Каменные и армокаменные конструкции. Актуал. ред. СНиП II-22-81*.

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРИРОВАННОЙ НАНОРАЗМЕРНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИАПАТИТОВ

М. В. Драница, аспирант, ассистент;
С. С. Добросмыслов, канд. техн. наук, доцент
ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия
Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Рассмотрено использование гидроксиапатита (далее – ГА) и его композитов как добавки к цементу для улучшения прочностных характеристик бетона. Отработана методика получения наночастиц ГА, в т. ч. композитов ГА армированных нановолокном оксида алюминия, оценка фазового состава проводилась методом рентгенофазового анализа. Сравнение прочности ГА с ГА армированного нановолокном оксида алюминия.

Ключевые слова: нанокерамика, гидроксиапатит, нановолокно, оксида алюминия, композит, рентгенофазовый анализ

ГА – это кристаллическая форма кальция и фосфата с химической формулой $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, которая является основным минеральным компонентом костей и зубов у человека. В последние годы ГА привлекает внимание в качестве перспективного материала для использования в строительстве зданий и сооружений, а именно как добавка к бетону для смягчения коррозии арматуры [1] и для устойчивости к воздействию углекислоты [2]. Несмотря на свою устойчивость к воздействию углекислоты за счёт создания защитного слоя, цемент на основе ГА имеет более низкую прочность на сжатие, чем чистый цемент, не содержащий ГА. Поэтому больший интерес вызывает композит ГА с алюминиевыми нановолокнами, т. к. добавка к цементу алюминиевых нановолокон приводит к увеличению плотности, прочности на сжатие и изгиб [3; 4].

Одним из способов получения ГА является химическое осаждение, которое может быть осуществлено согласно следующей реакции:



В рамках нашей работы было проведено данное химическое осаждение. Фотографии полученной суспензии и высушенного материала приведены на рис. 1.



a



б

Рис. 1: *a* – раствор ГА; *б* – ГА

В дальнейшем высушенный материал измельчался в ступке. Оценка фазового состава проводилась методом рентгенофазового анализа, который показал, что данный материал являлся ГА. Полученный порошок был разделён на две части, вторую часть материала подвергли обжигу. Для обеих частей был выполнен метод полусухого прессования со связующим 5%-поливиниловым спиртом. Прессование осуществлялось под давлением 50 МПа.

Для получения композита ГА с алюминиевыми волокнами (нановолокна) на стадии осаждения была добавлена 2%-дисперсия нановолокон. Дальнейшие действия были выполнены в той же последовательности, которые осуществлялись для ГА. На основе данных прессования были построены графики.

Было проведено сравнение ГА и композита на основе ГА с алюминиевыми нановолокнами. На рис. 2 можно увидеть график прочности на сжатие керамики на основе ГА, где можно отметить кривую при температуре обжига 1 050 °С, которая имеет большие значения.

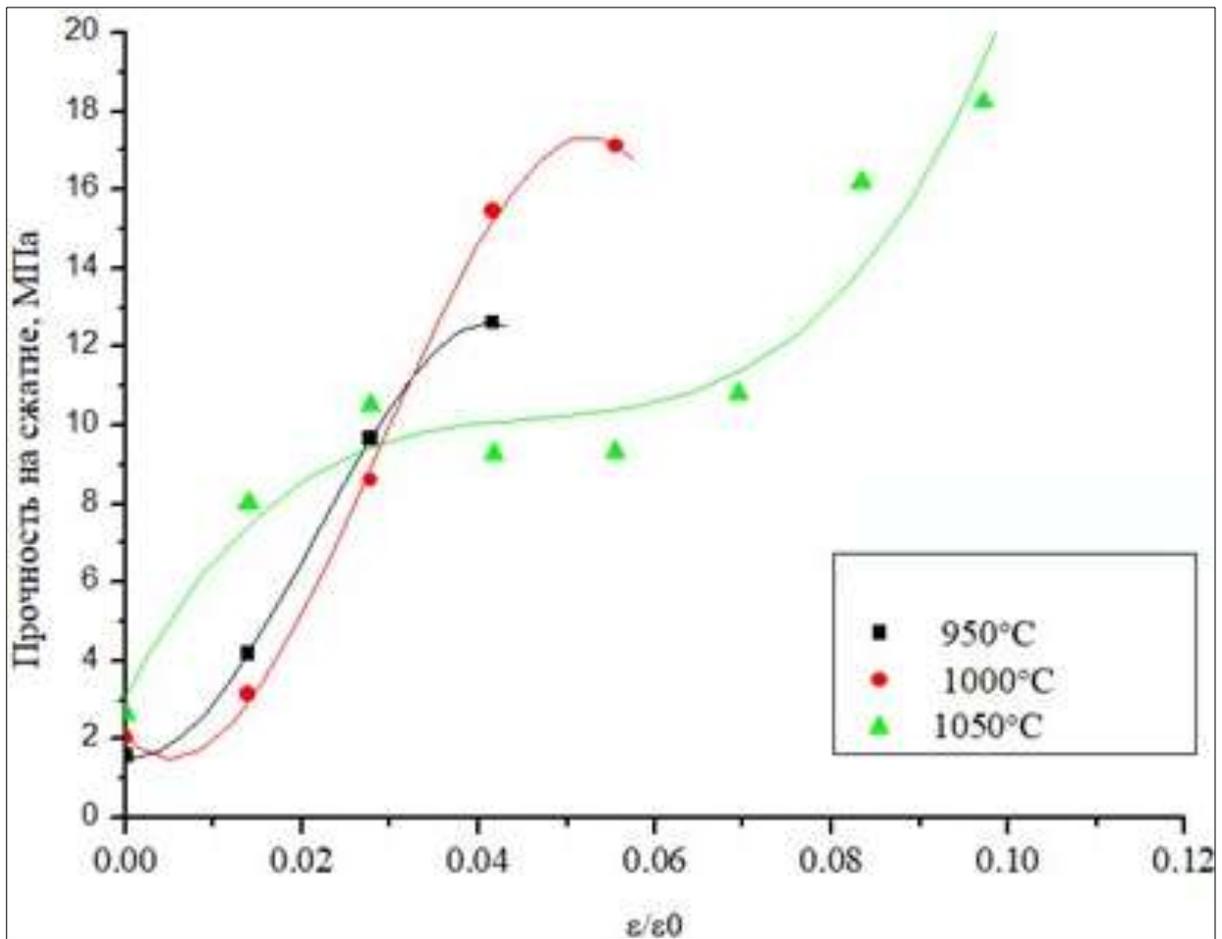
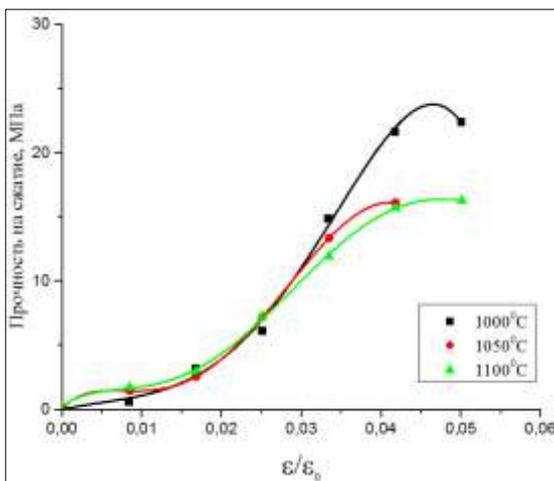
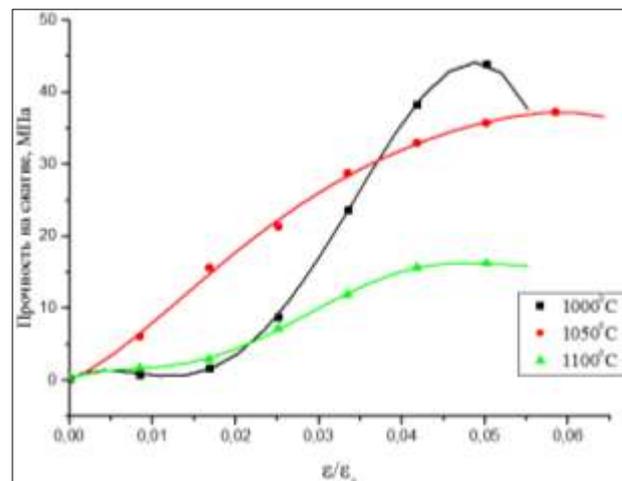


Рис. 2. ГА с обжигом 950, 1 000, 1 050 °С

На рис. 3, *а* можно заметить увеличение прочности на сжатие по сравнению с композитом (рис. 2). Можно отметить увеличение прочности на сжатие композита с обжигом при 600 °С (рис. 3, *б*). Усиление на сжатие выше, чем у ГА и у композита без обжига.



а



б

Рис. 3. ГА, армированный нановолокном оксида алюминия:
а – без обжига; *б* – с обжигом при температуре 600 °С

Композит ГА с алюминиевыми нановолокнами обладает множеством уникальных свойств, которые открывают новые возможности для их использования в строительной отрасли. От улучшения прочностных характеристик и устойчивости к коррозии до создания экологически чистых и функциональных материалов – применение ГА может значительно изменить подход к строительству и повысить его устойчивость. Дальнейшие исследования в этой области могут привести к улучшению качества строительных материалов и новым инновационным решениям.

Список источников

1. Tang Y. Biomimetic-induced Hydroxyapatite for Rebar Corrosion Mitigation in Self-healing Concrete Beam / Y. Tang et al. // *Journal of Building Engineering*. 2024. Vol. 84. P. 108 666.
2. Ahmed R. Evaluation of Hydroxyapatite-based Cement for Geothermal Well Applications / R. Ahmed, S. Salehi, A. Srivastava // *Geothermics*. 2022. Vol. 104. P. 102 462.
3. Dobrosmyslov S. S. Investigation of the Effect of Nanoscale Alumina Fiber on the Heat Resistance of Refractory Concrete / S. S. Dobrosmyslov, M. M. Simunin, A. S. Voronin et al. // *Refractories and Industrial Ceramics*. 2021. No. 61 (6). Pp. 704–708. DOI: 10.1007/s11148-021-00546-z.
4. Dobrosmyslov S. S. Theoretical and Experimental Study of the Effect of Wollastonite on the Physical and Mechanical Properties of Concrete / S. S. Dobrosmyslov et al. // *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2021. Vol. 2 094. No. 2. P. 22 077.

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ТЕПЛА МАЛОЭТАЖНЫХ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ ЧАСТНОЙ ЗАСТРОЙКИ

А. Н. Дулесов, канд. экон. наук, доцент;

А. Д. Сущенко, магистрант

*Хакасский технический институт –
филиал Сибирского федерального университета, Абакан, Россия*

Аннотация. В работе представлено сравнение на предмет энергосбережения современного строительства частных домов и уже существующих старых жилых домов. А также представлен анализ теплотерь малоэтажных зданий частной застройки, предложены рациональные решения по их уменьшению и пути увеличения энергоэффективности зданий в Респ. Хакасия.

Ключевые слова: *потери тепла, тепловизор, теплоизоляция, тепловизионное обследование, малоэтажное строительство*

Энергосбережение зданий и сооружений является общей темой для обсуждения. В своих работах А. С. Горшков, Д. В. Немова, Н. И. Ватин [1], А. Э. Пиир, О. А. Козак, В. Б. Кунтыш [2] рассуждают о повышении энергоэффективности в современное время при использовании эффективных теплоизоляционных материалов и их рационального расположения в ограждающих конструкциях.

В настоящее время современные теплоэффективные ограждающие конструкции требуют значительных материальных и физических ресурсов. Труды и разработки по теплозащите обязаны сопровождаться проектной документацией и соответствовать требованиям, имеющимся в нормативной базе. В современном строительстве частных домов должен быть проведён теплотехнический расчёт, а также проконтролирован весь процесс работы, опыт и знания проектировщиков и исполнителей.

Анализ наблюдений показывает, что важнейшие утраты тепла в зимний период исходят из окон, дверей расположенных напрямую с выходом на улицу, ограждающих конструкций, полы и покрытия. Сократить тепловые потери можно путём комплексного подхода к разработке стыков между конструкциями и их правильного монтажа. Чаще всего даже небольшие погрешности в изоляции стыков и монтаже ограждающих конструкций приведет к мостам холода и смещением точки росы в худшую сторону для конструкции и всего дома в целом. Это приведёт к понижению температуры на поверхности стены.

Чаще всего теплоизоляция дома страдает из-за отсутствия на сегодняшний день контроля за проектированием и строительством частных домов, вследствие этого допускаются ошибки при строительстве домов. Некоторые допускают их по незнанию или желая сэкономить на теплосбе-

регающих материалах, кто-то стремится заработать, относясь к строительству халатно. Тем самым идут колоссальные потери тепла, и людям приходится расходовать тепловую энергию намного больше, вследствие чего сжигать больше топлива, увеличивая выбросы в атмосферу.

В Респ. Хакасия существенный массив эксплуатируемых зданий состоит из так именуемых частной застройкой, теплотехнические характеристики которых уменьшаются вследствие эксплуатации по причине низкого качества строительства, или морального износа конструктивных решений по изоляции здания. Многие применяемые ранее объёмно-планировочные решения по увеличению энергосбережения малоэтажных домов малоэффективны в настоящее время. И приходится исследовать данные дома на предмет теплопотерь и предлагать рациональные пути решения данной проблемы.

Все ошибки и моральный износ конструкции в виде теплопотерь можно обнаружить с использованием тепловизора.

Предметом обследования стал частный жилой дом на территории Хакасии. После проведения тепловизионного обследования индивидуального жилого дома частной застройки мы определили дефекты по утечке тепла из ограждающих конструкций, обследование жилого дома проводилось с включённой системой отопления (с использованием тепловизионной съёмки). Термограммы внутренней поверхности анализировались на наличие явных и критических тепловых потерь в конструкциях, степень дефектности характеризуется температурой и размером участка, были получены результаты.

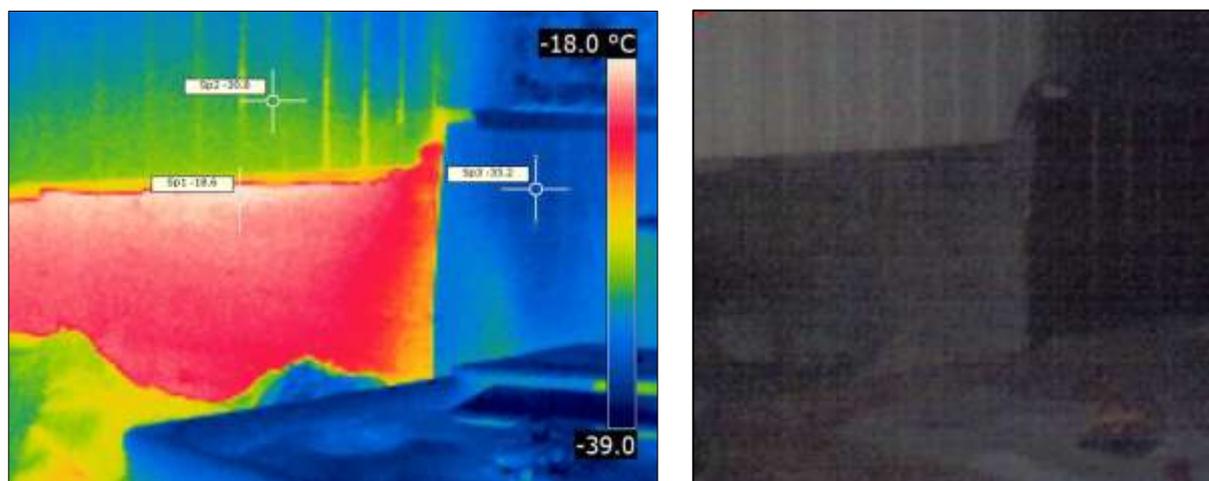


Рис. 1. Критические потери тепла ограждающей конструкции (ленточный фундамент)

Без утепления фундаментов происходят колоссальные потери тепла открытого фундамента южного фасада – в таком случае рекомендуется срочно утеплять этот участок.

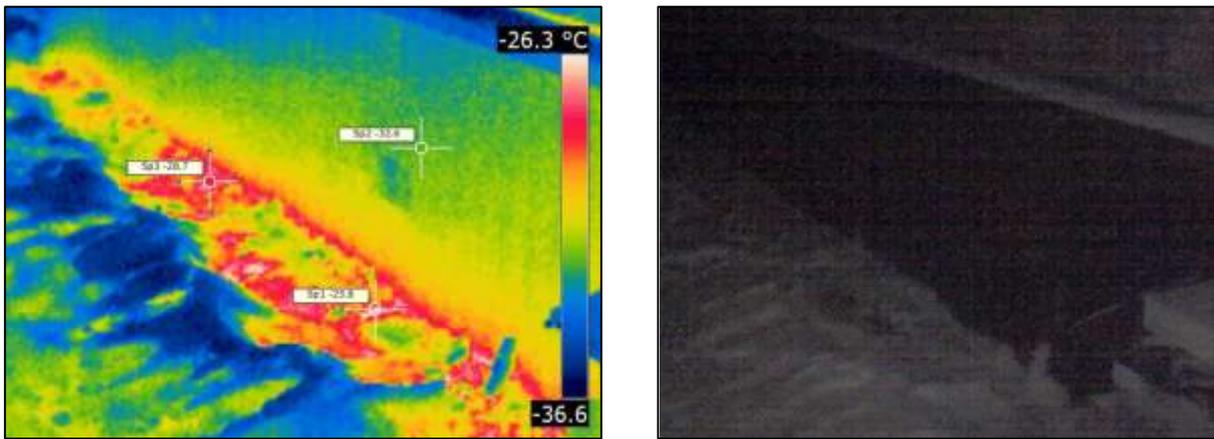


Рис. 2. Потери тепла через подпольное пространство

В случае утечек тепла на уровне земли требуется утеплённая атмосфера.

Выявлены области промерзания в точках примыкания окон и наружных дверей с подоконниками и стенами, критическое промерзание в нижних узлах, были скопления большого количества конденсата. Почему и совершается циркуляция холодного воздуха в нишах проёмов, что приносит дискомфорт человеку.

На время исследования тепловлажностный режим комнаты не соответствовал строительным нормам, различие между температурой внутри помещений не соответствует нормам (перепад не должен превышать $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ по стенам и $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ по покрытию) [3].

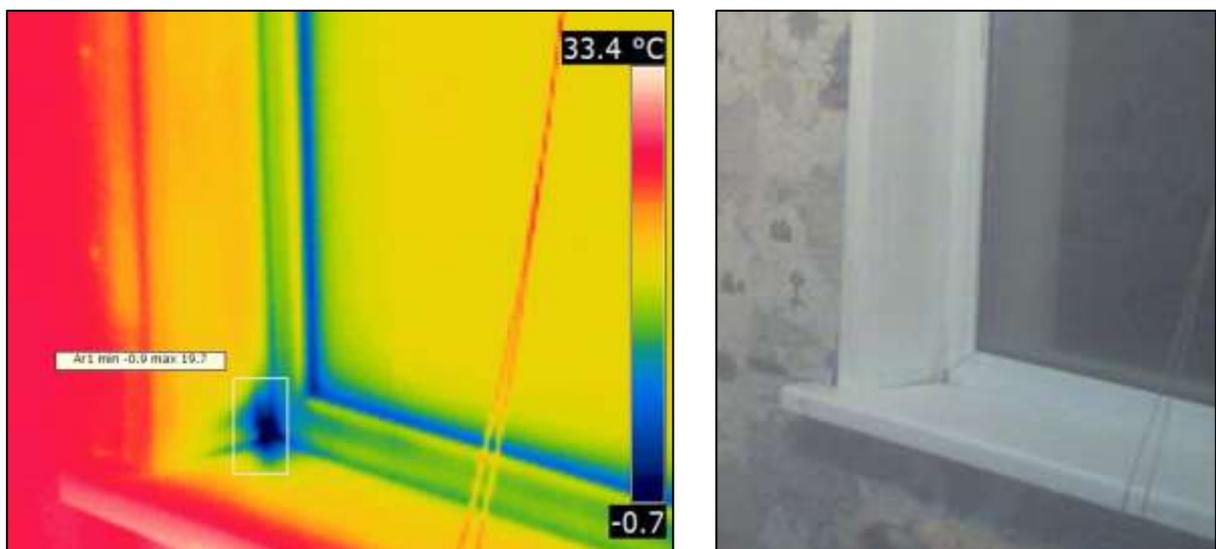


Рис. 3. Оконный проём

В области оконного проёма в нижней части имеются утечки тепла, что противоречит строительным нормам. Причины нарушения герметичности стыка между проёмом и окном.

Критический участок утрат тепла понижает температуру внутреннего воздуха в помещении. Увеличивают абсолютную влажность воздуха в помещении.

Полученные результаты не отвечают нормам: наилучшая температура обязана быть в границах 20–24 °С, допустимая – 20–25 °С; влажность воздуха – 40–60 %, а в холодный период – от 45 до 65 %.

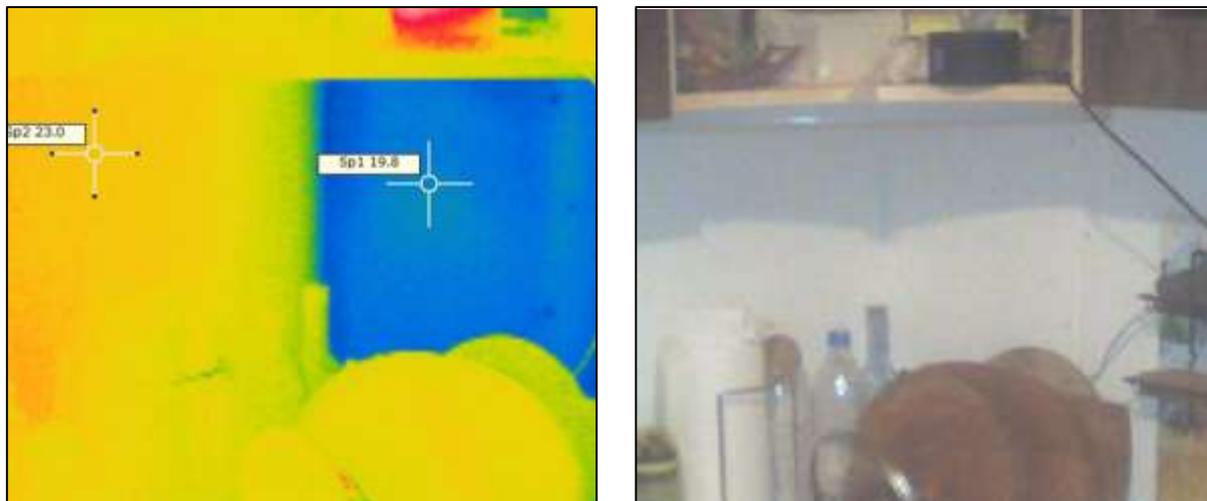


Рис. 4. Стык наружной стены с внутренней

Отмечается несомненное различие температур внешних и внутренних стен, недостаточное утепление ограждающей конструкции.

Потери тепла похожие во всех рассматриваемых участках (узлы примыкания конструкций, окна и двери, фундамент). Это связано с неправильным монтажом конструкций, недостаточным утеплением конструкций, моральным износом самих конструкций или утеплителем.

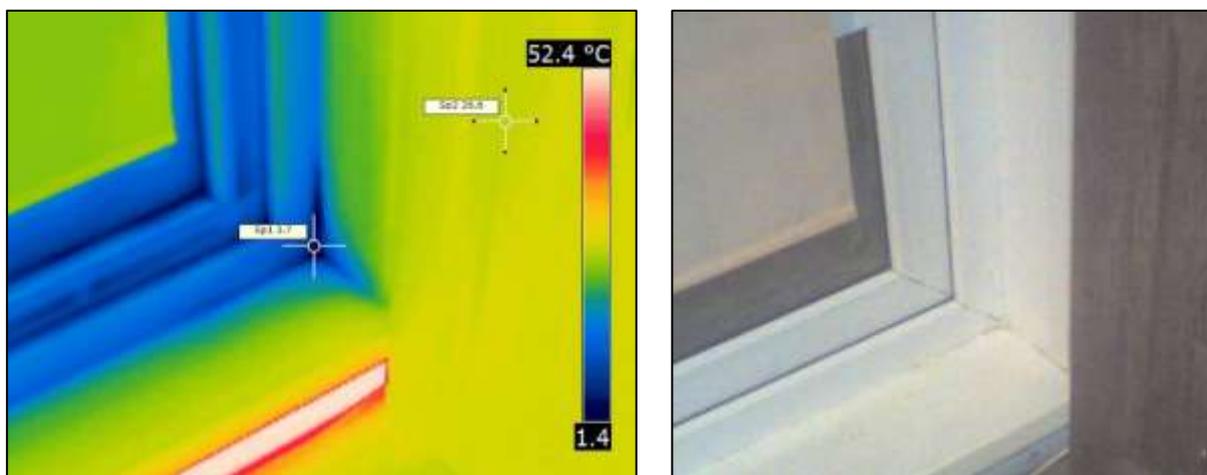


Рис. 5. Критические теплотери ограждающей конструкции (дверь)

Температурный перепад превышает строительные нормы.

Выводы. Основные пореи тепла происходят в стыках внешних стен, узлах здания, в местах сопряжения окон и дверей с подоконниками и внешними стенами и через неутеплённые места, такие как фундамент. Эти недочёты можно устранить, осуществив утепление фундаментов, организовав добавочную герметизацию стыков и их утепление, следуя технологии. Уделить внимание откосам и дверным нишам, где происходят

критические потери тепла. Для оптимального микроклимата внутри помещения нужно правильно организовать систему отопления и вентиляции. Комплексное выполнение всех рекомендаций позволит снизить потери тепла.

Список источников

1. Горшков А. С. Формула энергоэффективности / А. С. Горшков, Д. В. Немова, Н. И. Ватин // Строительство зданий и сооружений. 2020. № 7 (12). С. 49–63.

2. Пиир А. Э. Пути снижения нормативных теплопотерь в жилых зданиях / А. Э. Пиир, О. А. Козак, В. Б. Кунтыш // Наука и техника. 2019. № 2. С. 113–118.

3. Ржеганек Я. Снижение теплопотерь в зданиях / Я. Ржеганек, А. Яноуш. М.: Стройиздат, 1988. 1 с.

СИНЕРГИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ: ОБЗОР ИНТЕГРАЦИИ ГИБРИДНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ И ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ С ТЕПЛОВЫМ НАСОСОМ «ГРУНТ-ВОДА» НА ЕДИНОМ ОБЪЕКТЕ

А. М. Жжоных, магистрант

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. В последние десятилетия наблюдается значительный рост интереса к возобновляемым источникам энергии, что обусловлено как изменениями в глобальной энергетической политике, так и необходимостью снижения углеродного следа. Одними из наиболее эффективных решений в области устойчивого энергетического обеспечения являются гибридные системы, которые объединяют различные технологии для максимизации эффективности и надёжности. В статье приводится описание реализации совместной работы систем, использующих солнечную энергию с гибридной солнечной электростанцией и геотермальную энергию с геотермальными системами отопления, оснащённым тепловым насосом «грунт-вода». Такие системы представляют собой перспективное направление в развитии экосистемы возобновляемых источников энергии.

Ключевые слова: гибридная солнечная электростанция, геотермальный тепловой насос, возобновляемые источники энергии, геоконтур

В последние десятилетия отмечается выраженный рост интереса к возобновляемым источникам энергии, что связано как с изменениями в глобальной энергетической политике, так и с необходимостью минимизации углеродного следа [1–3]. Среди наиболее эффективных решений в сфере устойчивого энергетического обеспечения выделяются гибридные системы. Эти системы интегрируют разнообразные технологии с целью достижения максимальной эффективности и надёжности в обеспечении энергетических потребностей. Гибридные солнечные электростанции позволяют не только вырабатывать электрическую энергию, но и обеспечивать потребности в отоплении и охлаждении, что становится крайне актуальным в условиях изменяющегося климата и увеличивающихся требований к энергетической эффективности зданий. Геотермальные системы, в свою очередь, обеспечивают стабильный источник тепла, который может эффективно использоваться в сочетании с солнечными панелями, особенно в период низкой солнечной активности.

Цель данной статьи – представить обзор существующей практики совместного использования гибридной солнечной электростанций и системы геотермального отопления с тепловыми насосами, а также проанализировать преимущества и недостатки такого подхода.

В рамках статьи рассматривается здание, в котором реализовано практическое применение технологий фотоэлектрического солнечного электроснабжения и геотермального отопления (рис. 1). Система солнечного электроснабжения состоит из 24 солнечных модулей российского производителя ХЕВЕЛ, изготовленных по гетероструктурной технологии *HJT*, суммарной мощностью 8 кВт, установленных на южном скате кровли под углом 12° и на пристроенной конструкции с изменяемым углом под углом 56° (рис. 1). Гибридный инвертор с возможностью подкачки солнечной энергии в сеть обеспечивает работу с двумя литий-железо-фосфатными аккумуляторными батареями с накапливаемой мощностью $9,6 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$. Днём солнечная энергия направляется во внутреннюю сеть на питание потребителей, а ночью система при необходимости переходит на питание от аккумуляторов. При её нехватке использует мощности внешней сети. При отключении сети система работает как автономная солнечная электростанция – энергоснабжение объекта не прерывается и осуществляется от солнечной и запасённой в аккумуляторах энергии.



Рис. 1. Вид на установленные солнечные панели

Результаты первого года эксплуатации технологии фотоэлектрического солнечного электроснабжения показывают, что её использование позволяет заместить 47 % сетевой электроэнергии на эксплуатацию здания и обеспечить годовую генерацию $5,6 \text{ МВт}\cdot\text{ч}$. На рис. 2 представлена диаграмма выработки и потребления с апреля 2023 по май 2024 г., на которой наблюдается существенное снижение выработки электроэнергии в зимнее время года. Это связано как со снижением суммарной солнечной радиации в зимнее время года, так и с выпадением осадков в виде снега, в связи с чем проводятся мероприятия по очистке поверхности панелей. Доля электрической энергии, генерируемая от солнечной электростанции, составила 47 % от общей электрической энергии, потреблённой объектом за годовой период (рис. 3).

Система геотермального отопления, которой оснащён объект, представляет собой геотермальный тепловой насос (рис. 4) с геоконтуром вертикального типа. Мощность системы равна 18 кВт и рассчитана на возмещение 13,8 кВт тепловых потерь через ограждающие конструкции, поддержания заданной температуры воздуха и горячего водоснабжения в помещениях объекта. Тепловой насос собирает тепловую энергию из окружающей среды, а именно грунта, преобразовывает её, с использованием хладагента, и подаёт в систему отопления. Для кондиционирования объекта используется тот же тепловой насос, который работает по технологии пассивного охлаждения, которая летом отбирает теплоту из помещения и передаёт её замороженному за зимний период грунту, а возвратившийся холодный теплоноситель геоконтуров снижает температуру внутри помещения до комфортной за счёт работы фанкойлов.



Рис. 2. Выработка и потребление на объекте 2023–2024 гг.

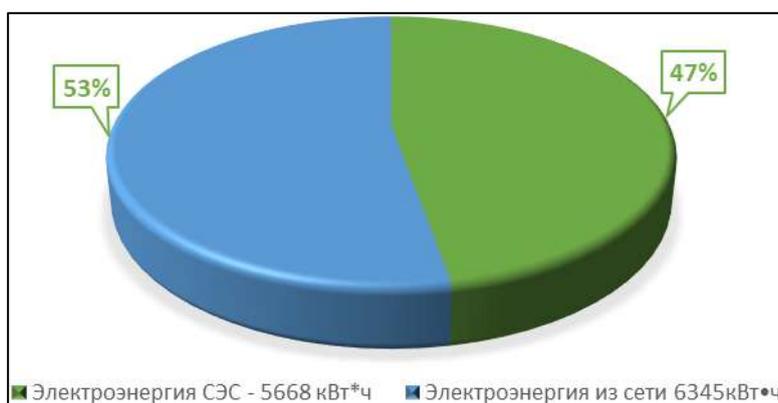


Рис. 3. Замещение сетевой электроэнергии за первый год эксплуатации



Рис. 4. Общий вид теплового насоса

Тепловой насос оснащён геоконтуром вертикального исполнения (скважины) и состоит из 13 вертикальных скважин с U-образными зондами общей длиной 364,5 пог. м. При работе системы геотермального отопления грунт, охваченный скважинами в радиусе 5 м от каждой оси скважины,

может быть заморожен до -5° в конце отопительного сезона, поэтому монтаж скважин геоконтура предусматривал отсутствие строений, плодовых посадок и прочих конструкций, на которые геоконтур может оказать пагубное влияние (рис. 5).



Рис. 5. Схема устройства геоконтура теплового насоса

Учитывая это, подходящей площадкой для размещения геоконтура стала пешеходная дорожка, расположенная вдоль учебного корпуса 24, под которой были пробурены скважины. Магистраль U-образного зонда, выходя из скважины, укладывалась в горизонте на глубине промерзания 2,7 м. Все магистрали U-образных зондов собраны вместе в шкафу коллектора геоконтура, расположенного в здании. Обогрев помещения обеспечивается посредством тёплого пола, по контурам которого циркулирует теплоноситель. Температура подачи теплового насоса и тёплого пола регулируется автоматически по датчику температуры наружного воздуха.

Результаты первого года эксплуатации технологии геотермального отопления с тепловым насосом показали практическую возможность использования системы геотермального отопления в условиях Сибири без использования альтернативных источников тепловой энергии. При температуре наружного воздуха ниже -40°C , повторяющейся на протяжении нескольких дней, температура воздуха внутри помещения находилась в пределах нормативных значений $19\text{--}22^{\circ}\text{C}$ при средней потребляемой мощности системой геотермального отопления $3,1\text{ кВт}\times\text{ч}$. В конце отопительного периода (май) наблюдается промерзание грунта возле скважин № 3 и 4, которые отличаются неглубоким залеганием геозондов, что приводит к замораживанию канализационного выпуска из здания, который проходит через данный участок. Данный фактор требует дополнительного изучения путём мониторинга температур теплоносителей

в каждом контуре геозондов. Также следует изучить влияние глубины скважины геозонда на эффективность работы системы геотермального отопления.

Список источников

1. Андреев О. С. Возобновляемые источники энергии и проблемы развития нетрадиционных источников энергии // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2023. № 2. С. 200–203.

2. Гребнев М. А. Возобновляемые источники энергии как источник тепловой энергии для объектов жилищно-коммунального хозяйства // Современные вызовы и перспективы молодёжной науки: матер. междунар. НПК. Петрозаводск: Новая наука, 2020. С. 142–145.

3. Белобородов С. С. Возобновляемые источники энергии и водород в энергосистеме: проблемы и преимущества: моногр. / С. С. Белобородов, Е. Г. Гашо, А. В. Ненашев. СПб.: Научноёмкие технологии, 2021. 151 с.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ

Е. А. Король, д-р техн. наук, профессор;

П. К. Туровец, студент

Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Аннотация. В статье представлено исследование технических решений и технологий энергоэффективного капитального ремонта многоквартирных домов (далее – МКД), по результатам которого было установлено, что при внедрении современных энергосберегающих технологий капитальный ремонт МКД позволяет повысить уровень энергоэффективности на период минимального срока эксплуатации до проведения следующего капитального ремонта, обеспечив равные условия энергокомфорта со зданиями нового поколения, что, как следствие, улучшает качество жизни граждан и ускоряет экономический рост страны.

Ключевые слова: *технические решения, технологии, энергоэффективность, капитальный ремонт, многоквартирные дома, жилой фонд*

В 2014 г. в РФ была запущена региональная система капитального ремонта общего имущества в МКД. За весь период реализации программы были выполнены работы почти в 300 тыс. домах, площадь которых составила более 1 млрд м² [1]. На сегодняшний день программа реализуется на территории 85 субъектов. Площадь отремонтированных с начала года домов превышает 46 млрд м² [1]. Своевременное проведение работ позволяет предотвратить преждевременное ветшание жилья, поддержать техническое состояние домов.

Помимо изменения нормативной правовой базы на федеральном уровне важные позитивные изменения удаётся внести в программы регионов после изучения успешных практик субъектов. Например, в Тульской и Воронежской областях при региональных операторах работают собственные проектные отделы, что позволяет повысить качество проектной документации и, как следствие, качество выполняемых подрядчиками работ, а также экономить взносы граждан. В Московской обл. эффективна организация замены систем газоснабжения в МКД, а в Тюменской обл. – лифтового оборудования. Опыт и уже проверенные решения регионов помогают проводить ремонт домов более эффективно.

Согласно данным Министерства строительства РФ, за 7 мес. 2024 г. в регионах уже отремонтировали почти 11,5 тыс. домов, где проживает более 1,7 млн граждан, среди которых наибольшее количество – в Центральном (4 336), Приволжском (1 784) и Сибирском (1 407) федеральных округах (рис. 1).

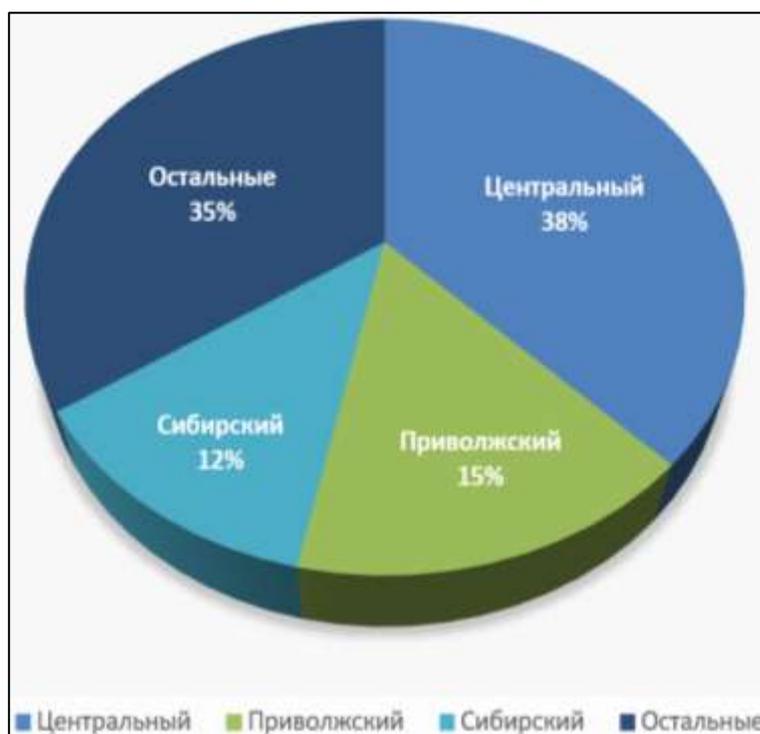


Рис. 1. Капитальный ремонт МКД за первые 7 мес. 2024 г. по регионам РФ [1]

Примеры выполнения некоторых работ по капитальному ремонту различных жилых МКД в городах России представлены на рис. 2.

В МКД в Барнауле 1970 г. постройки, общей площадью 6 143 м², где проживает 223 чел., выполнены повышение теплозащиты крыши, окон, входных дверей и установка автоматизированного узла управления системы отопления. За счёт проведения комплекса мероприятий расчётный класс энергоэффективности повысился от *E* до *C* [3].

В МКД в Калининграде 1978 г. постройки, общей площадью 9 745,9 м², где проживает 359 чел., выполнены повышение теплозащиты крыши, окон и входных дверей, за счёт чего показатель экономии расходов на оплату коммунальных ресурсов составил 33,45 %, а расчётный класс энергоэффективности повысился от *D* до *A* [3].

Сокращение тепловых потерь и потребления электроэнергии путём проведения капремонта систематизировано в табл. 1.

В МКД в Вологде 1983 г. постройки, общей площадью 3 815 м², где проживает 135 чел., установлена современная система автоматизированного индивидуального теплового пункта, благодаря чему показатель экономии расходов на оплату коммунальных ресурсов составил 26,67 %, а расчётный класс энергоэффективности повысился от *F* до *D* [3].

В МКД в Ижевске 1999 г. постройки, общей площадью 11 776,4 м², где проживает 327 чел., проведена замена системы отопления, ремонт трубопроводов внутридомовой системы горячего водоснабжения в сочетании с тепловой изоляцией в неотапливаемых помещениях, по стоякам, что привело к экономии расходов на оплату коммунальных ресурсов на 33,09 % и повышению расчётного класса энергоэффективности от *E* до *B* [3].

В МКД в Тюмени 2007 г. постройки, общей площадью 15 037,77 м², где проживает 269 чел., насосное оборудование заменено на энергоэффективное, модернизирована система отопления и отремонтированы трубопроводы системы горячего водоснабжения, что позволило достичь показателя экономии расходов на оплату коммунальных ресурсов 32,34 %. За счёт проведения данного комплекса мероприятий расчётный класс энергоэффективности повысился от *E* до *B* [3].

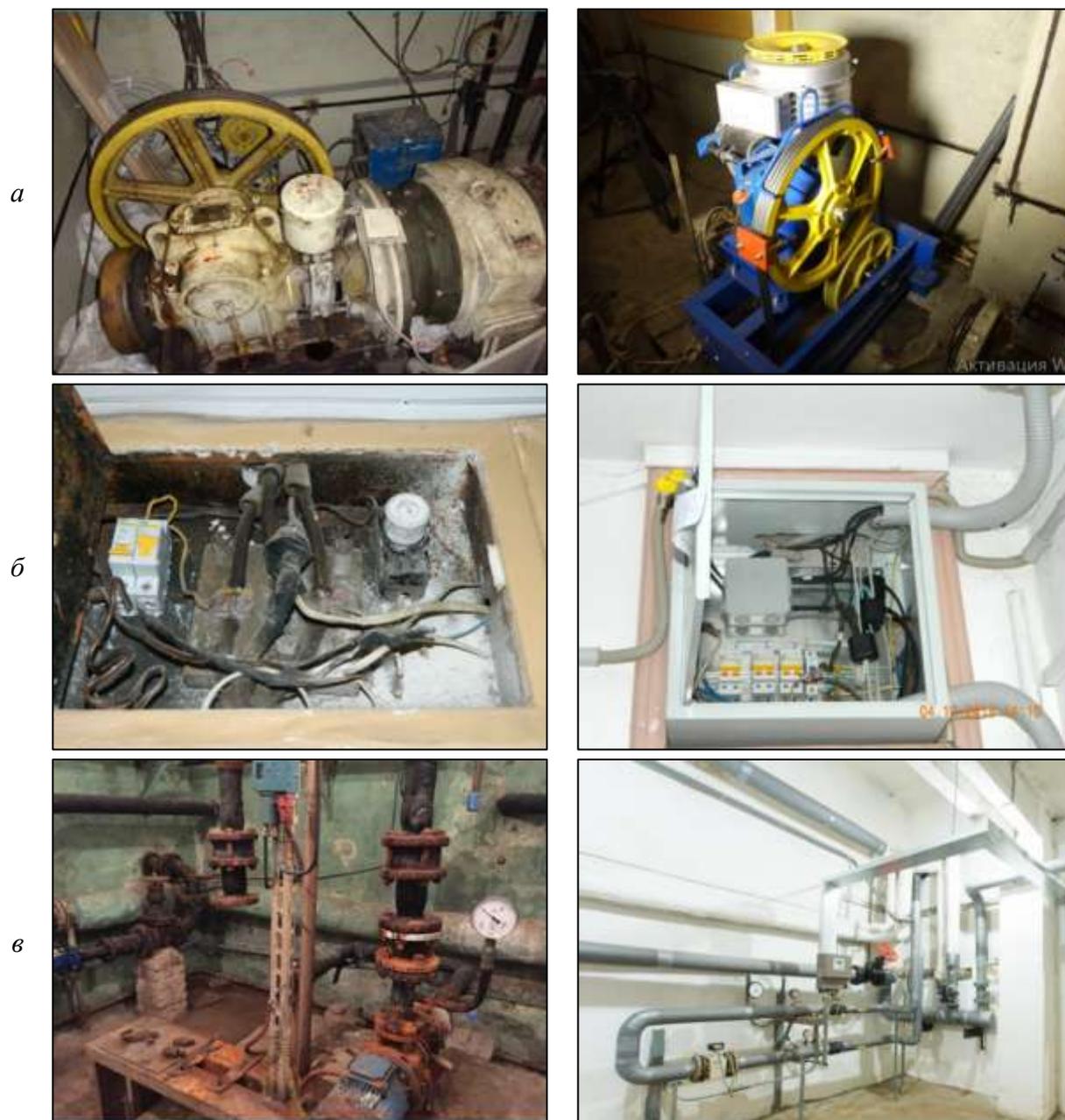


Рис. 2. Фотофиксация выполнения работ (до и после капитального ремонта):
а – замена лифтового оборудования; *б* – замена системы электроснабжения;
в – системы горячего водоснабжения [2]

Таблица 1

Сокращение тепловых потерь и потребления электроэнергии путём проведения энергоэффективных мероприятий капитального ремонта

Ремонтируемый элемент здания	Основные мероприятия	Сокращение теплопотерь / расхода энергии (%)
Система отопления и ГВС	Установка узлов управления и регулирования потребления ресурсов, тепловая изоляция трубопроводов	30
Окна	Сокращение трансмиссионных тепловых, уменьшение расхода теплоты на нагрев холодного наружного воздуха, инфильтрующегося через неплотность оконных проёмов	35
Система электроснабжения	Замена светильников с лампами накаливания на энергоэффективные аналоги, установка автоматического контроля и регулирования	35
Входная группа	Уплотнение входных наружных дверей с установкой доводчика	25
Кровля	Уменьшение промерзания крыши, увеличение срока службы, а также наружных стен	15
Фасад	Сокращение трансмиссионных тепловых потерь через наружные стены, уменьшение промерзания наружных стен	25
Подвал	Теплозащита перекрытия над неотапливаемым подвалом: сокращение трансмиссионных тепловых потерь	30
Лифтовое оборудование	Ремонт и замена лифтового оборудования с частотно-регулируемым приводом, установка приборов для компенсации реактивной мощности	10

Согласно проведённому исследованию наиболее эффективным методом, позволяющим жильцам одновременно создать комфортные условия проживания и сэкономить денежные средства за тепловую энергию, является комплекс технических решений и технологий капитального ремонта МКД. Построенный график наглядно отображает существенное повышение класса энергоэффективности МКД по завершении ремонтных работ.

При планировании капитального ремонта следует осуществлять выбор комплекса технических решений и технологий, в совокупности способствующих сокращению энергопотребления при производстве работ и достижению наиболее показательных результатов в повышении класса энергетической эффективности жилого дома на основе сравнительной оценки альтернативных вариантов.

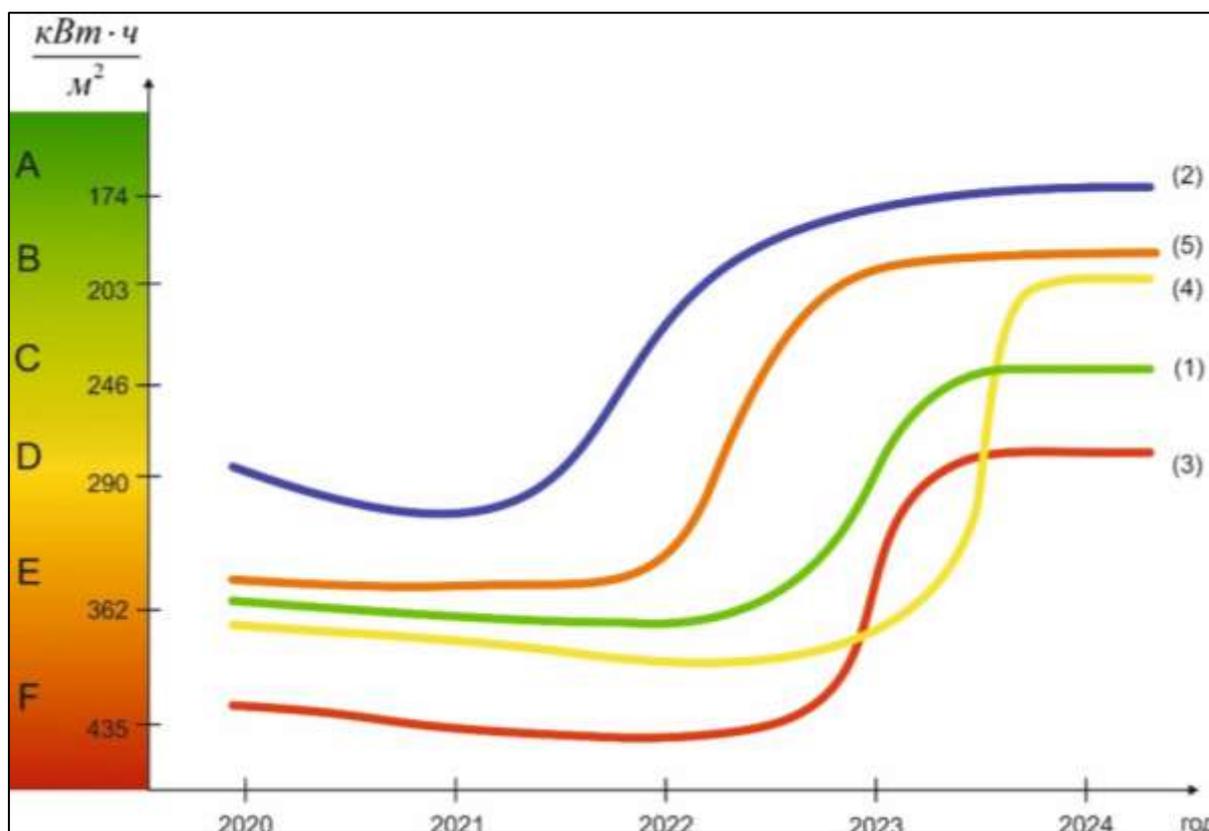


Рис. 3. График удельного расхода тепловой энергии введённых в эксплуатацию жилых МКД на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и электроснабжение с соответствующими классами энергоэффективности: 1 – 1970 г. постройки; 2 – 1978 г. постройки; 3 – 1983 г. постройки; 4 – 1999 г. постройки; 5 – 2007 г. постройки

Список источников

1. Капитальный ремонт многоквартирных жилых домов за первые 7 мес. 2024 г. по регионам РФ, %. URL: minstroyrf.gov.ru/press/v-rossii-za-sem-mesyatsev-2024-goda-otremontirovali-doma-v-kotorykh-prozhivayut-bolee-1-7-milliona-ch.

2. Фотоотчёт о выполнении работ по капитальному ремонту жилых домов в Москве. URL: fond.mos.ru/presscenter/photo-report-about-the-execution-of-works-on-capital-repairs-of-houses-in-moscow/?ysclid=ls4oi4mcp6697120019.

3. Фонд содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства РФ. URL: fondgkh.reformagkh.ru/napravleniya-deyatelnosti/energoeffektivnyu-kapremont/ob-energoeffektivnom-kapremonte.

МОДЕЛЬ РАСШИРЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ В КОЛЬЦАХ ЛЕ ШАТЕЛЬЕ

Р. А. Назиров, д-р техн. наук, профессор;

П. Ю. Веде, старший преподаватель;

С. А. Алиев, аспирант

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Несмотря на обширную уже разработанную и утверждённую нормативно-техническую документацию объёмы утилизации зол и шлаков угольных теплоэлектростанций в строительной отрасли остается крайне неудовлетворительной. Это связано в т. ч. и прежде всего с повышенным содержанием карбонатных пород в низкокалорийных бурых углях. При сжигании угля в результате диссоциации образуются свободные оксиды кальция ($\text{CaO}_{\text{св}}$) и магния ($\text{MgO}_{\text{св}}$), содержание которых в вяжущих композициях строго регламентируется. Температура сжигания угля на современных ТЭЦ (приблизительно 1 200–1 400 °С [1]) неравномерна и значительно выше температур диссоциации природного известняка (около 900 °С) и доломита (около 750 °С) [2]. При этом только часть свободных оксидов переходит в малоактивную по отношению к воде форму. Кроме того, на поверхности частиц может образовываться оболочка, состоящая из аморфного стекла переменного состава с различной гидравлической активностью. Гидратация таких частиц в сформировавшейся структуре искусственного камня приводит к появлению трещин, а иногда и к полному его разрушению. С другой стороны, зола-унос с высоким содержанием кальция содержит значительное количество реакционноспособных расширяющихся компонентов: оксида кальция, магния, ангидрита, сульфоалюминатов и растворимого стекла, более растворимого, чем стекло золы с низким содержанием кальция. Это делает высококальциевую золу (далее – ВКЗ) высокопотенциальным компонентом сырья для получения специальных видов цементов – например, безусадочных, напрягающихся, тампонажных.

Целью работы является оценка расширения ВКЗ Берёзовской ГРЭС с минеральными добавками и добавкой поликарбонатного пластификатора СВВ-500.

Ключевые слова: зола, цемент, кольца Ле Шателье, деформации, напряжения

В работе использовалась методика определения расширения по ГОСТ 30 744-2001 в кольцах Ле Шателье, представляющими собой разрывные цилиндры с припаянными к ним индикаторными иглами. В нашем случае, с целью получения дополнительной информации для оценки динамики расширения, обусловленной реакцией гидратации оксидов, проводили наблюдение изменения равномерности объёма при твердении в нормальных условиях. Кольца заполнялись исследуемым составом, в процессе схватывания и твердения составов на воздухе проводились измерения расстояния между иглами колец до полного прекращения деформаций.

Составы исследуемых композиций и наблюдаемые значения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Состав смеси (масс. %) и расширение

Материал	Номер состава					
	1	2	3	4	5	6
Зола Берёзовской ГРЭС	0,77	0,78	0,38	0,38	0,38	0,38
Гиперпластификатор СВВ-500	–	0,01	–	–	–	–
Цемент	–	–	0,38	–	–	–
Зола Ново-Иркутской ТЭЦ	–	–	–	0,38	–	–
Зола терриконов (Черемхово)	–	–	–	–	0,38	–
Горелые породы (Бородино)	–	–	–	–	–	0,38
Вода	0,23	0,21	0,24	0,24	0,24	0,24
Расширение при твердении на воздухе (мм)	70,5	54,9	18,4	45,0	55,9	52,9

Для моделирования процесса расширения вызванного гидратацией оксида магния в работе [3] предложена формула

$$\varepsilon_t = \frac{t}{\alpha + \left(\frac{1}{\varepsilon_{\max}} \right) \times t}, \quad (1)$$

где ε_t – расширение в момент времени t ; t – время; ε_{\max} – конечное расширение; α – коэффициент, контролируемый типом расширяющего агента, гидравлической цементной матрицей и условиями окружающей среды.

Для расчёта кинетики расширения по формуле (1) необходимо количественно оценить значение конечного расширения ε_{\max} . В [4] для расчёта этого показателя предлагается использовать формулу

$$\varepsilon_{\max} = \beta C^2, \quad (2)$$

где ε_{\max} – конечное расширение (%); β – коэффициент, контролируемый типом и категорией расширяющего агента, гидравлической цементной матрицей и условиями окружающей среды; C – содержание расширяющегося компонента (масс. %).

В работе [5] для расчёта расширения составов с целью повышения проницаемости угольных пластов предложена формула:

$$\varepsilon_t = a - b \times d^t, \quad (3)$$

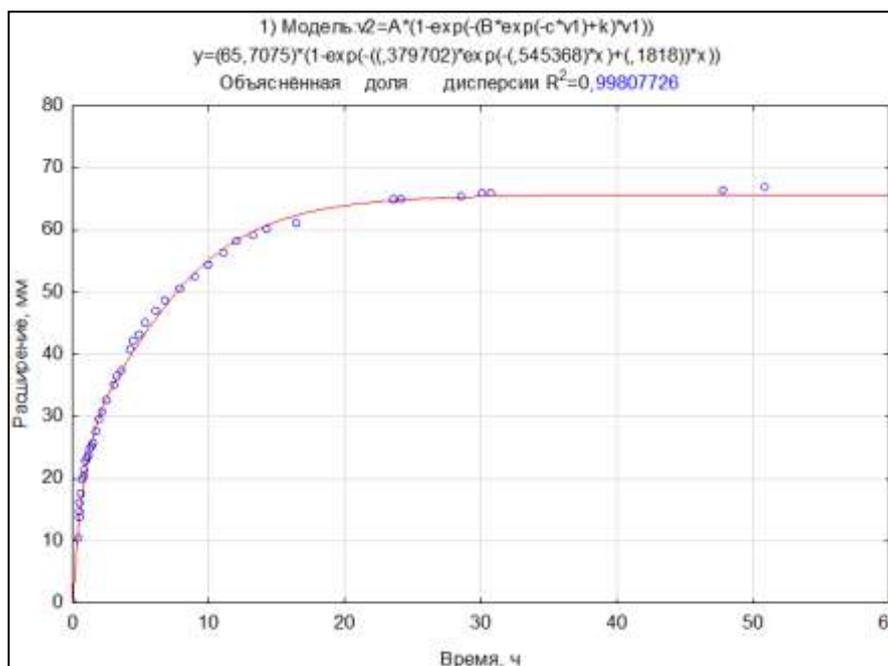
где a и b – эмпирические коэффициенты, t – время (ч).

Формула (3) использовалась авторами для расчёта напряжений, возникающих в скважине.

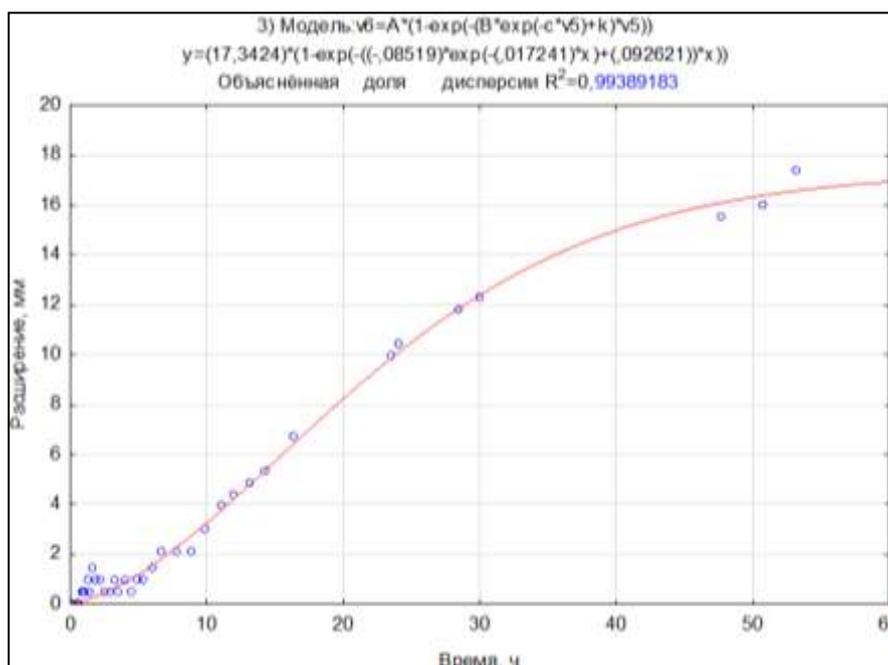
На основе полученных экспериментальных результатов для расчёта расширения в кольцах Ле Шателье нами предлагается формула

$$\varepsilon_t = A \times \left(1 - \exp\left(-\left(B \times \exp(-c \times t) + k\right) \times t\right)\right). \quad (4)$$

На рис. 1 показана динамика расширения. Расширение других составов аналогично рис. 1, а. Отличительной особенностью предложенной нами модели (4) является возможность описания начального индукционного периода, когда отсутствует расширение или оно крайне незначительно.



а



б

Рис. 1. Качество аппроксимации линейного расширения колец Ле Шателье Берёзовской золы без добавок (а) и в смеси с цементом (б)

Таблица 2

Расчётные коэффициенты и коэффициент детерминации для модели (4)

Коэф.	Оценка	Стандартная ошибка	<i>t</i> -знач.	<i>p</i> -знач.	Ниж. дов. предел	Вер. дов. предел	<i>R</i> ²
Зола-унос Берёзовской ГРЭС							
<i>A</i>	65,7075	0,340230	193,1257	0,00	65,01899	66,39535	0,9981
<i>B</i>	0,37970	0,015516	24,4726	0,00	0,34834	0,41111	
<i>c</i>	0,5454	0,032802	16,6280	0,00	0,47909	0,61179	
<i>k</i>	0,1818	0,004533	40,1098	0,00	0,17264	0,19098	
Зола-унос Берёзовской ГРЭС + Цемент							
<i>A</i>	17,34235	0,995106	17,42765	0,000000	15,32006	19,36465	0,9939
<i>B</i>	-0,08519	0,106844	-0,79738	0,430767	-0,30233	0,13194	
<i>c</i>	0,01724	0,026600	0,64818	0,521223	-0,03682	0,07130	
<i>k</i>	0,09262	0,109872	0,84299	0,405124	-0,13067	0,31591	

Таким образом, разработанная модель является универсальной и может быть использована для описания деформаций и расчёта возможных напряжений.

Работа выполнена в рамках государственного задания по науке ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», номер проекта FSRZ-2023-0009.

Список источников

1. Гриль А. В. Исследование аэродинамики и горения в топке котла БКЗ-420-140 применительно к вариантам замещения проектного топлива / А. В. Гриль, А. С. Заворин, С. В. Обухов и др. // Известия ТПУ. 2007. Т. 310. № 1. С. 175–181.
2. Белоусов М. В. Термодинамика и кинетика процесса термической диссоциации доломита / М. В. Белоусов, Е. Н. Селиванов, Р. И. Гуляева и др. // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. 2016. № 2. С. 18–25. DOI: 10.17073/0021-3438-2016-2-18-25.
3. Yuan M. Study on Deformation Characteristics of Micro Expansion Concrete of MgO-admixed : Ph. D. Dissertation. Wuhan, China: Wuhan University, 2013. Pp. 81–109.
4. Li S. Expansion Mechanism and Properties of Magnesium Oxide Expansive Hydraulic Cement for Engineering Applications / S. Li, Y. Feng, J. Yan // Advances in Materials Science and Engineering. 2021. 9 p.
5. Cui X. Experimental Investigation of the Use of Expansive Materials to Increase Permeability in Coal Seams through Expansive Fracturing / X. Cui, J. Zhang, L. Guo et al. // Shock and Vibration. 2020. 11 p.

РАВНОМЕРНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЁМА СОСТАВОВ С ЗОЛОЙ БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС ПРИ ТВЕРДЕНИИ НА ВОЗДУХЕ И В ВОДЕ

Р. А. Назиров, д-р техн. наук, профессор;

П. Ю. Веде, старший преподаватель;

И. В. Тарасов, канд. техн. наук, доцент

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Настоящее исследование направлено на определение возможности применения золошлаковых продуктов сгорания угля (высококальциевые золы Берёзовской ГРЭС) при производстве расширяющихся составов. Для получения кинетики расширения составов при твердении на воздухе и в воде использовались кольца Ле Шателье. Берёзовская ВКЗ способствует расширению минеральных композиций при твердении. Добавка суперпластификатора СВВ-500 способствует расширению в более поздние сроки при твердении в воде. Берёзовская ВКЗ может быть использована для создания расширяющихся безусадочных цементов и невзрывчатых разрушающих средств.

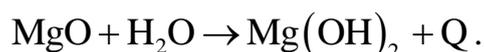
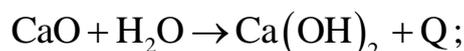
Ключевые слова: *строительные материалы, золы ТЭЦ, расширяющиеся цементы, невзрывчатые разрушающие средства*

Согласно актуальным прогнозам [1] до 2040 г. в мире, и в частности в России, доля угольной энергетической генерации снизится с 35 до 22–30 % на фоне увлечения общего объёма производства энергии, при этом абсолютное потребление угля для производства энергии при консервативном сценарии имеет небольшой положительный тренд, а при инновационном сценарии сохраняется на уровне 2018 г. Кроме того, Распоряжением Правительства РФ № 1523-р от 09.06.2020 утверждена Энергетическая стратегия РФ до 2035 г. [2]. Согласно Стратегии предполагается увеличение доли утилизированных и обезвреженных отходов в отраслях топливно-энергетического комплекса с 52,6 % в 2018 г. до 85 % к концу 2035 г., а продуктов сжигания твёрдого топлива (золошлаков), соответственно, с 8,4 до 50 %. Таким образом, актуальным вопросом является поиск решений по применению продуктов сжигания угля. Одним из основных направлений использования золошлаков является производство вяжущих материалов.

Представленные в этой работе результаты является частью проекта по оценке возможности применения ВКЗ для использования в расширяющихся составах, в т. ч. для создания невзрывчатых разрушающих средств (НРС), известного за рубежом как беззвучный химический разрушающий агент (SCDA). В этой статье приводятся результаты лабораторных испытаний, проведенных на кольцах Ле Шателье, заполненных золой уноса без добавок, с добавками, проявляющими пуццолановую активность, суперпластификатором и цементом.

Утилизация ВКЗ от сжигания бурого угля, улавливаемых электро-фильтрами современных ТЭЦ, является проблемной в виду значительного содержания в ВКЗ свободного оксида кальция ($\text{CaO}_{\text{св}}$) и периклаза ($\text{MgO}_{\text{св}}$). Содержание этих оксидов строго регламентируется нормативной документацией.

Химические реакции гидратации свободных оксидов, приводящих к расширению, записываются следующим образом:



Зная количество исходных компонентов, состав продуктов гидратации и используя данные табл. 1, можно рассчитать увеличение твёрдого объёма в результате химической реакции.

Таблица 1

Физические свойства компонентов [3]

Компонент	Молярная масса (г)	Плотность (г/см ³)	Грамм-молекулярный объём (см ³)
CaO	56,08	3,37	16,64
MgO	40,30	3,58	11,26
CaO·Al ₂ O ₃	158,04	2,98	53,03
CaSO ₄	136,14	2,96	46,00
Ca(OH) ₂	74,09	2,21	33,53
Mg(OH) ₂	58,35	2,34	24,94
H ₂ O	18,02	1,00	18,02
Ca ₆ Al ₂ (OH) ₁₂ (SO) ₃ ×26H ₂ O	1 255,1	1,77	709,1

$$\Delta V_{\text{CaO}} = \frac{33,53 - 16,64}{16,64} \times 100 \% = 101,5 \% ;$$

$$\Delta V_{\text{MgO}} = \frac{24,71 - 11,26}{11,26} \times 100 \% = 122 \% .$$

Результаты расчётов убедительно показывают, что продукты гидратации превышают первоначальный объём реакционно-способных оксидов более чем в 2 раза. Такой процесс, происходящий в уже сформировавшейся структуре искусственного камня, приводит к расширению цементных композиций в процессе эксплуатации, появлению трещин, снижению долговечности и прочности, а иногда и к полному разрушению бетонных конструкций и цементных растворов. Однако для составов *HPC (SCDA)* эффект расширения является главным свойством, позволяющим получить качественные товарные продукты.

Эффект поздней гидратации свободных оксидов в композициях с ВКЗ, вызывающий расширение, обусловлен высокой температурой сжигания топлива на современных ТЭЦ. Часть оксидов находится в малоактивной форме (пережог), а часть гидратируется до перемешивания и начала схватывания смесей и не приводит к деструктивным процессам.

В соответствии с требованиями ГОСТ 31 108-2020 к равномерности изменения объёма общестроительных цементов с добавкой золы расширение не должно превышать 10 мм. Расширение определяется по методике ГОСТ 30 744-2001 в кольцах Ле Шателье (рис. 1) при кипячении. В нашем случае с целью получения дополнительной информации для оценки динамики расширения, обусловленной реакцией гидратации оксидов, дополнительно проводили наблюдение изменения равномерности объёма при твердении в нормальных условиях.

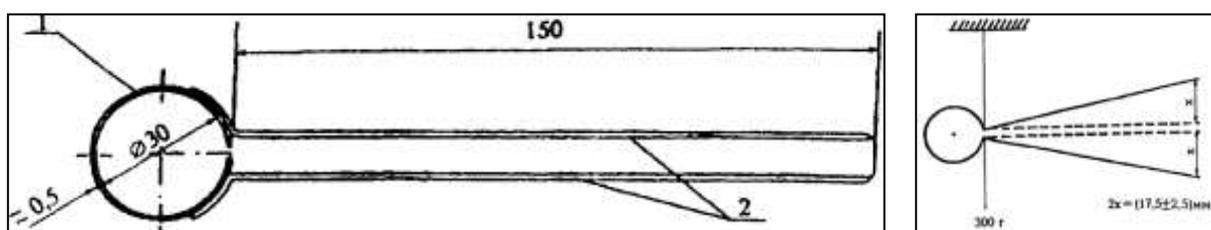


Рис. 1. Кольцо Ле Шателье и схема его поверки

Кольцо изготавливается из латуни. Упругость кольца должна быть такой, чтобы под действием усилия, создаваемого грузом массой 300 г, приложенного в середине прорези кольца, как показано на рис. 1, расстояние между концами индикаторных игл увеличилось на $17,5 \pm 2,5$ мм без постоянной деформации.

Кольца заполнялись исследуемыми составами (рис. 2, табл. 2).

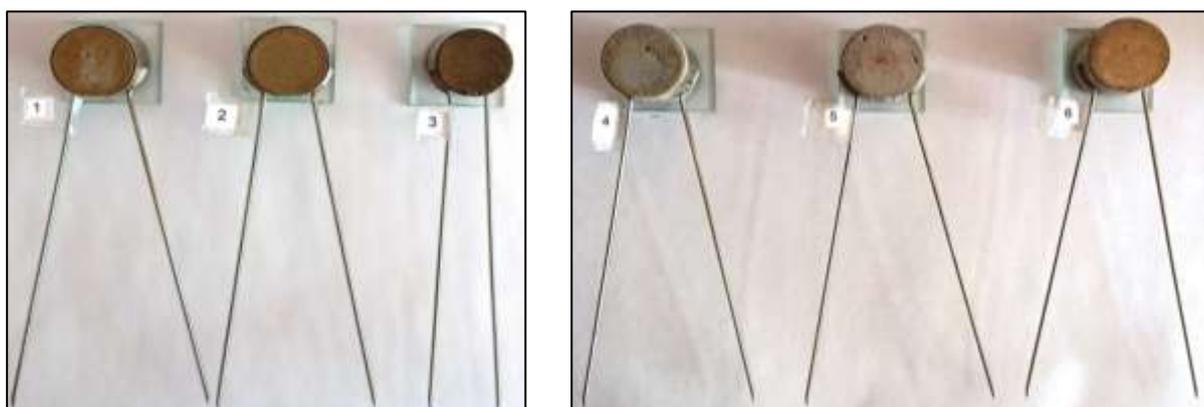


Рис. 2. Кольца Ле Шателье с исследуемыми составами

Таблица 2

Состав смеси (масс. %) и расширение

Материал	Номер состава					
	1	2	3	4	5	6
Зола Берёзовской ГРЭС	0,77	0,78	0,38	0,38	0,38	0,38
Гиперпластификатор СВВ-500	–	0,01	–	–	–	–
Цемент	–	–	0,38	–	–	–
Зола Ново-Иркутской ТЭЦ	–	–	–	0,38	–	–
Зола терриконов (Черемхово)	–	–	–	–	0,38	–
Горелые породы (Бородино)	–	–	–	–	–	0,38
Вода	0,23	0,21	0,24	0,24	0,24	0,24
Максимальное расширение при твердении на воздухе (мм (%))	70,5 (6,7)	54,9 (5,2)	18,4 (1,7)	45,0 (4,4)	55,9 (5,3)	52,9 (5,0)
Максимальное расширение при твердении в воде (мм (%))	114,7 (10,9)	122,7 (11,6)	63,4 (6,0)	61,4 (5,8)	69,5 (6,6)	60,5 (5,7)

Расширение контролировалось путём измерения расстояния между иглами штангенциркулем в течение 50 ч до максимального измеренного значения, затем кольца помещались в воду, где выдерживались дополнительно до 110 ч. Результаты испытаний составов представлены на рис. 3, 4.

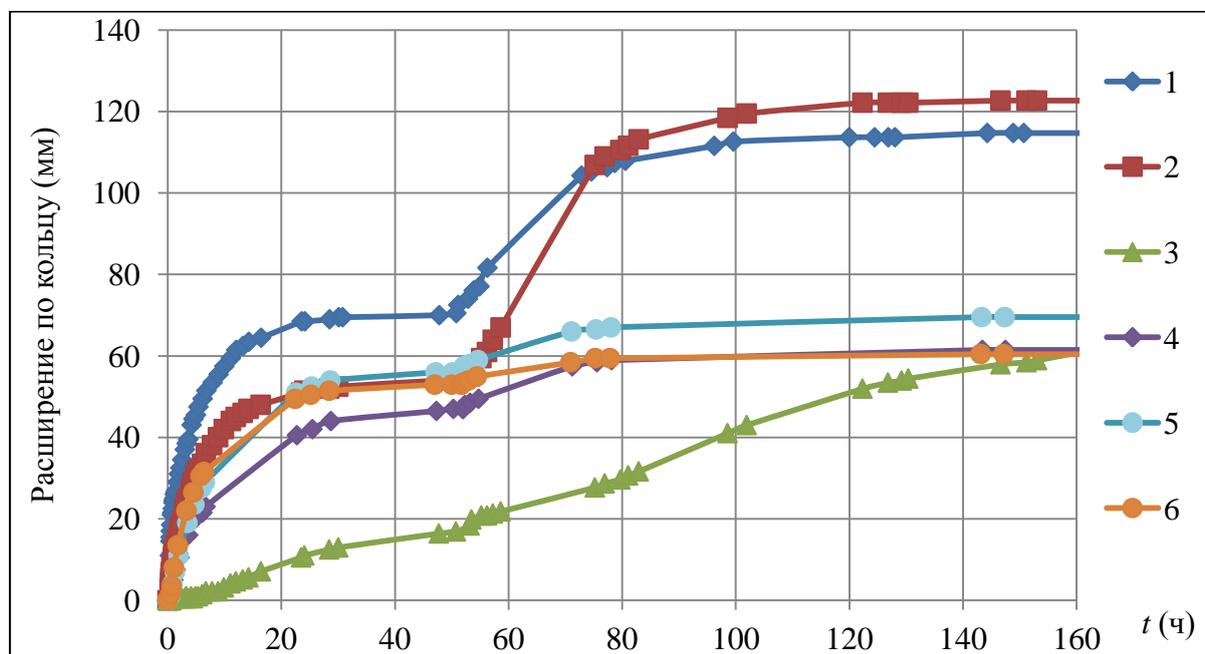


Рис. 3. Кинетика расширения при твердении на воздухе (50 ч) и в воде

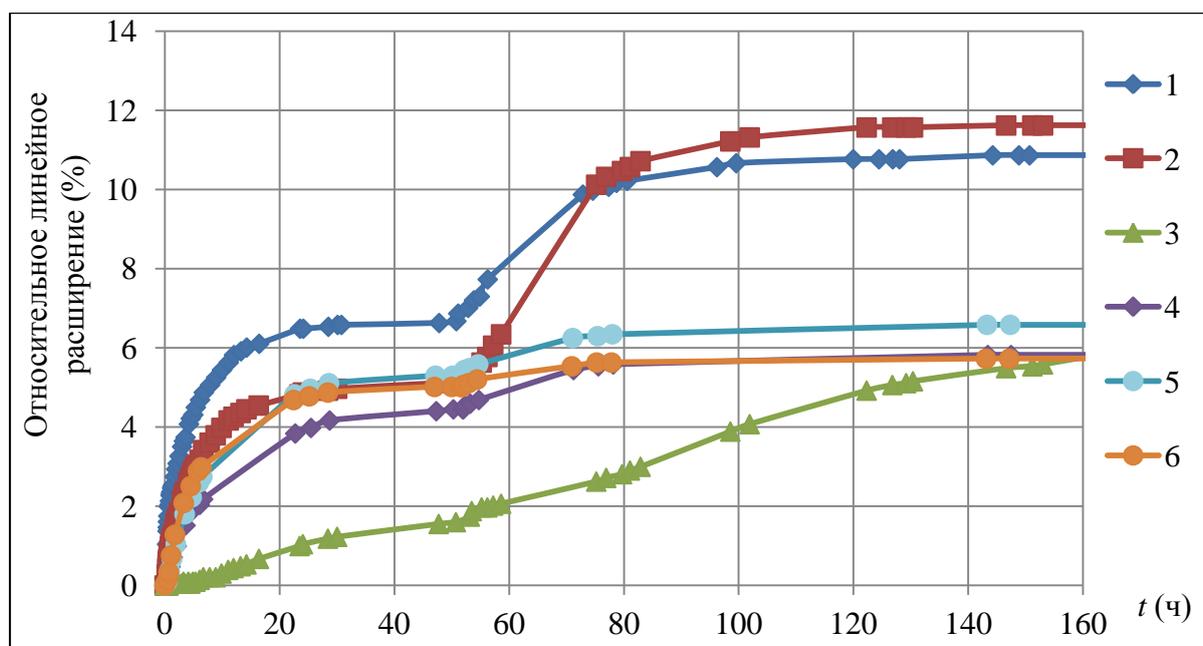


Рис. 4. Относительное линейное расширение

Выводы. Берёзовская ВКЗ способствует расширению минеральных композиций. Линейное расширение исследуемых составов составило от 5,0 до 6,7 % при твердении на воздухе и от 5,7 до 11,6 % при твердении в воде. Добавка суперпластификатора СВВ-500 способствует расширению в более поздние сроки при твердении в воде. Таким образом, Берёзовская ВКЗ может использоваться для производства безусадочных цементов, а также невзрывчатых разрушающих составов.

Работа выполнена в рамках государственного задания по науке ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», номер проекта FSRZ-2023-0009.

Список источников

1. Хохлов А. Угольная генерация: новые вызовы и возможности / А. Хохлов, Ю. Мельников // Центр энергетики Московской школы управления «Сколково». 2019.
2. Энергетическая стратегия РФ на период до 2035 г. URL: minenergo.gov.ru.
3. Горшков В. С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ: учеб. пособие / В. С. Горшков, В. В. Тимашев, В. Г. Савельев. М.: Высшая школа, 1981. 335 с.
4. ГОСТ 31 108-2020. Цементы общестроительные. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2020.
5. ГОСТ 30 744-2001. Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка. М.: МНТКС, 2002.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЁТА ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Д. Г. Портнягин, канд. техн. наук, доцент;

Р. О. Иванов, студент

*Хакасский технический институт –
филиал Сибирского федерального университета, Абакан, Россия*

Аннотация. Работа посвящена анализу методов расчёта наружных стеновых ограждений, работающих во влажном режиме. Рассматриваются такие методы, как метод В. Н. Богословского, К. Ф. Фокина, В. В. Козлова и В. Г. Гагарина, а также усовершенствованный метод последовательного увлажнения и многофакторный метод. Особое внимание уделено усовершенствованному методу последовательного увлажнения. Приведены результаты анализа методов расчёта влажностного режима наружных ограждающих конструкций. Выводы могут послужить дальнейшему развитию теории и методов расчёта стеновых ограждений во влажностном режиме.

Ключевые слова: *точка росы, зона конденсации, расчёт влагопереноса, теплопроводность, нестационарный режим, влагонакопление*

Особенность ограждающих конструкций зданий заключается в том, что они содержат множество теплонапряжённых элементов, таких как оконные проёмы, участки соединения стен с перекрытиями и другие подобные элементы.

В реальном проектировании часто не учитывают воздействие краевых зон ограждающих элементов на тепловую защиту и энергетическую эффективность зданий [1]. Когда температура воздуха снаружи отличается от температуры внутри помещения, происходит теплообмен через внешние ограждающие конструкции в направлении более низких температур.

В табл. 1 приведены характеристики микроклимата помещений Абакана.

Анализ методов расчёта наружных стеновых ограждений во влажностном режиме. Есть два ключевых способа по расчёту влажностного режима наружных стеновых ограждений: усовершенствованный метод последовательного увлажнения и многофакторный метод.

Многофакторный метод учитывает совместный перенос тепла и влаги в материалах конструкции, многослойность ограждений, переменные граничные условия, изменение агрегатного состояния влаги, неизотермичность и нестационарность процесса и нелинейность расчётных характеристик. Он позволяет определить двухмерные влажностные поля, например, в зоне стеновых соединений панелей, и учитывает количество замёрзшей влаги в порах материала.

Характеристики микроклимата помещений Абакана

№	Показатель	Значение	Обоснование
1	Продолжительность отопительного периода $z_{от}$ (сут.)	224	табл. 3.1, СП 131.13330.2020
2	Расчётная температура наружного воздуха в холодный период года t_n ($^{\circ}C$)	-37	
3	Средняя температура наружного воздуха в течение отопительного периода $t_{от}$ ($^{\circ}C$)	-7,9	
4	Влажностный режим помещений (эксплуатационные условия)	нормальный (А)	табл. 2, СП 50.13330.2024
5	Расчётная температура внутреннего воздуха t_b ($^{\circ}C$)	21	табл. 1, ГОСТ 30 494-2011
6	Средняя месячная относительная влажность наиболее холодного месяца φ (%)	79	табл. 3.1, СП 131.13330.2020
7	Относительная влажность воздуха внутри помещения φ_{int} (%)	55	п. 5.7, СП 50.13330.2024
8	Температура точки росы t_p ($^{\circ}C$) (жилая комната)	11,62	прил. Р, СП 23-101-2004

Усовершенствованный метод последовательного увлажнения используется для исследования влажностного состояния материалов ограждающих конструкций с достаточной для практики точностью. Этот подход учитывает пароизоляционные слои внутри ограждения и зависимость характеристик переноса влаги в материалах от их уровня влажности [2].

Основное требование тепловой защиты зданий заключается в применении эффективных мер по защите от влаги для всех компонентов оболочки здания, что гарантирует надёжность и долгий срок службы ограждающих конструкций.

Существующие способы оценки влажности внешних ограждающих конструкций дают возможность определить физические особенности процесса и не требуют сложных вычислений. Эти методы имеют ограничения в использовании для многослойных и однослойных наружных стеновых ограждений при постоянных условиях влаго- и теплообмена. Один из первых методов по расчёту влажности наружных стеновых ограждающих конструкций был предложен К. Ф. Фокиным.

Этот метод использует модель диффузии водяного пара для определения зоны возможного образования конденсата, вычисления накопления влаги при постоянных условиях, анализа годового баланса влаги и установления, будет ли дальнейшее увлажнение или высыхание конструкции [2].

Метод Богословского основан на стационарной модели перемещения влаги через ограждающие элементы с использованием разницы влажности на противоположных сторонах. Он позволяет определить уровень влажности в ограждении на основе распределения температуры и влажности. Также существует метод Гагарина и Козлова, который учитывает совместный перенос пара и жидкости (потенциал F) с учётом характеристик стройматериалов. В результате расчёта создаётся профиль влажности в ограждающей конструкции [3].

Применение потенциала влажности позволяет определить влажностный режим многослойных ограждений при высокой влажности материалов. Это возможно благодаря учёту сложных граничных условий [4].

Идея потенциала влажности повлияла на проведение дальнейших исследований по переносу влаги в конструкциях и материалах. Данная идея применялась А. Г. Перехоженцевым, а также другими учёными для расчёта конструкций, работающих в нестационарном режиме [5].

Использование специальных компьютерных программ стало актуальным подходом к расчёту влажностного режима строительных конструкций с учётом длительной эксплуатации. Этот метод имеет множество преимуществ, т. к. он принимает во внимание перенос влаги, увлажнение десорбционное и сорбционное, а также изменение граничных условий. Результат расчёта представлен на рис. 1 [6].

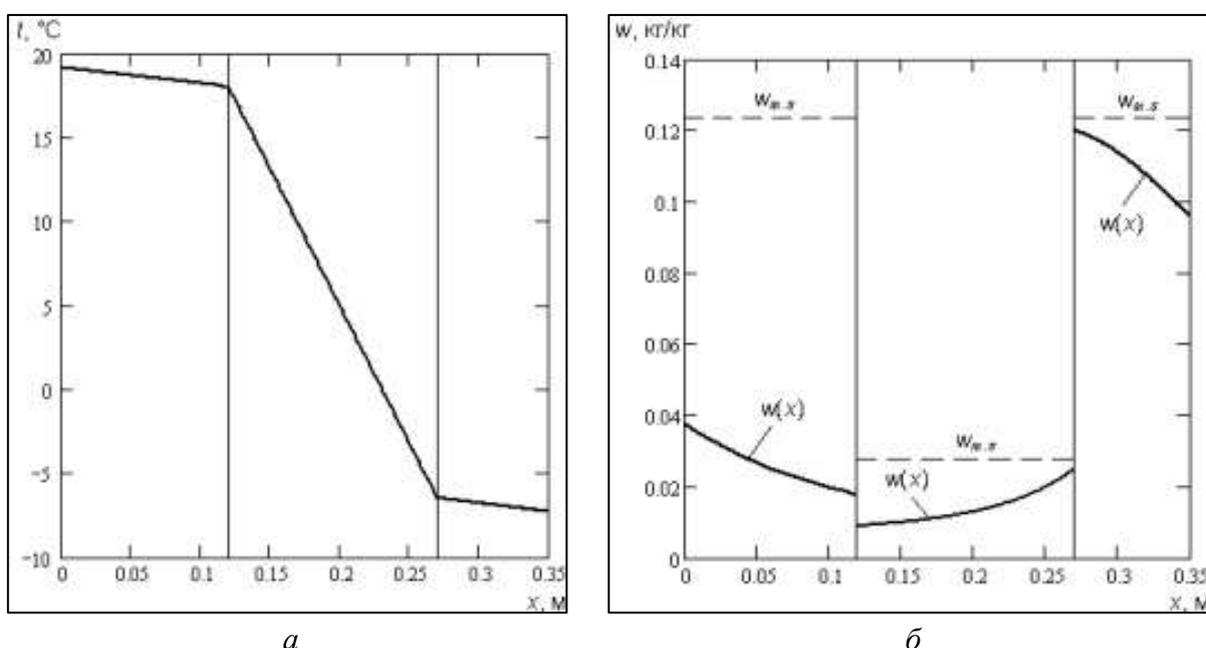


Рис. 1. Профили температуры (а) и влагосодержания (б) по глади стены

По рис. 1, б отчётливо видно, что на границе различных материалов возникает разница в содержании влаги. Наибольшее увлажнение находится на стыке утеплителя с наружным защитным слоем. Если равновесное влагосодержание материалов приближается к максимальному сорбционному значению в области максимального увлажнения, это может привести к накоплению влаги в этом месте в самый холодный месяц года.

Выводы. Увеличение влажности материалов приводит к повышению коэффициента их теплопроводности, но степень изменения этого показателя различается в разных диапазонах влажности. Исследование зависимости теплопроводности от типа связи влаги с материалом важно для определения тепловых характеристик стеновых ограждений. Наилучшим способом расчёта режима влажности стеновых ограждений является использование специальных программных комплексов, которые учитывают долгосрочный период эксплуатации и анализируют такие факторы, как перенос влаги, нестационарность граничных условий, а также сорбционное и десорбционное увлажнение.

Список источников

1. Корниенко С. В. Повышение энергоэффективности зданий за счёт снижения теплопотерь через краевые зоны ограждающих конструкций // Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 348–351.

2. Энергосберегающие технологии в современном строительстве / пер. с англ. Ю. А. Матросова, В. А. Овчаренко; под ред. В. Б. Козлова. М.: Стройиздат, 1990. 296 с.

3. Корниенко С. В. Инженерная оценка влажности наружных стен // Интернет-вестник ВолгГАСУ. 2015. № 1. С. 19.

4. Корниенко С. В. Тестирование метода расчёта температурно-влажностного режима ограждающих конструкций на результатах натуральных измерений параметров микроклимата помещений // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 2. С. 18–23.

5. Козлов В. В. Метод инженерной оценки влажностного состояния современных ограждающих конструкций с повышенным уровнем теплозащиты при учёте паропроницаемости, влагопроводности и фильтрации воздуха: автореф. дисс. канд. техн. наук. М., 2004. 24 с.

6. Корниенко С. В. Повышение энергоэффективности зданий за счёт совершенствования методов расчёта температурно-влажностного режима ограждающих конструкций. Волгоград: ВолгГТУ, 2018. 380 с.

СОЗДАНИЕ ГЕОПАРКА В ХАКАСИИ КАК ФАКТОР СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА ЮЖНО-МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

О. З. Халимов, канд. техн. наук, доцент
*Хакасский технический институт –
филиал Сибирского федерального университета, Абакан, Россия*

Аннотация. Проанализирована ситуация с развитием туристического бизнеса в Респ. Хакасия (далее – РХ). Отражён высокий потенциал природных ресурсов южного Енисея (Черёмушки-Оглахты). Подчёркнут недостаточный уровень развития геологического туризма. Сделан обзор создания геопарков в РФ. В РХ предлагается создание геопарка с центром в долине Бабик (вблизи Майнской и Саяно-Шушенской ГЭС). Памятники природы представлены по берегам Енисея в мраморном карьере, долине Бабик, гора Борус, борта скальных отложений у братского моста, гора Самохвал, Тепсей, Оглахты. В Оглахтах – заповеднике мирового значения имеются обнажения вплоть до девонского периода. Абакан рассматривается как транзитная точка для туристов, направляющихся на СШГЭС, Борус, Оглахты, Сундуки, Ергаки, Горячий ключ в Саянах за Абазой, Саяно-Шушенский заповедник, железорудный карьер в Вершина Теи («сердце Хакасии») и другие интересные объекты РХ.

Ключевые слова: *геопарк, загрязнения воздушного бассейна, проэкологическое поведение, мотивация к теплосбережению*

Основные проблемы развития туризма в РХ. Т. к. одним из ключевых элементов для создания в РХ геопарка «Южный Енисей» является Саяно-Шушенская ГЭС, то для его успешного развития должна быть современная инфраструктура. Если дорога до СШГЭС может быть оценена на «удовлетворительно», то состояние гостиниц не соответствует предъявляемому уровню комфорта.

Главными проблемами развития туристической деятельности в РХ являются недостаточная социально-экономическая эффективность имеющегося туристическо-рекреационного потенциала региона, дефицит туристической инфраструктуры отвечающей потребительским ожиданиям туристов, ориентированных на международный уровень сервиса; значительная доля неорганизованных туристов; наличие большого количества организаций и физических лиц, осуществляющих незаконную предпринимательскую деятельность в сфере туризма, вызванную сезонным характером значительной доли туристских предложений [1]. Сезонность предоставляемых услуг (Оглахты работает с мая, заезд основного потока туристов на озёра Шира и Белё – с июня) снижает финансовые ресурсы, необходимые для развития туризма и рекреации в республике.

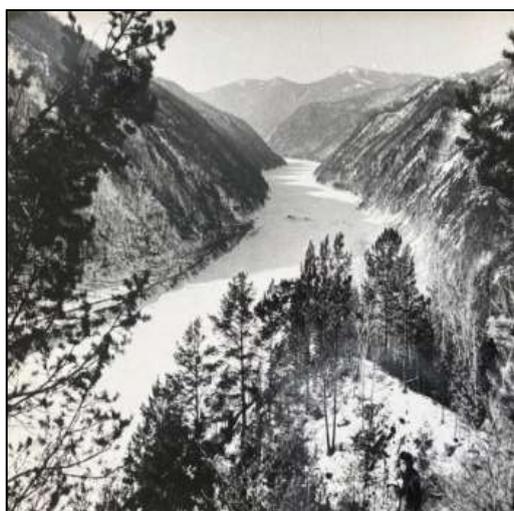
Остаются нерешёнными вопросы культурной организации «частного» сектора ввиду отсутствия единых стандартов обслуживания населения. А это приводит к снижению качества предоставляемых услуг. Тем не менее развитие геопарков уже начинает приобретать достаточно широкий масштаб.

На южном Урале в Башкортостане первые статьи учёных с предложениями о создании геопарка «Янган-тау» были опубликованы в 2006 г., но после взаимодействия с предпринимателями он прошел полную сертификацию под эгидой ЮНЕСКО только в 2018 г. Одним из важных элементов признания территории геопарком является отражение геологических эпох в развитии Земли [2]. И если в Янгантау преобладают обнажения пермского периода в геохронологии Земли (250 млн лет назад), то в Оглахтах (заповедник Хакасский), в Таштыпском и Ширинском районах имеются обнажения девонского периода, которые старше на 100 млн лет.

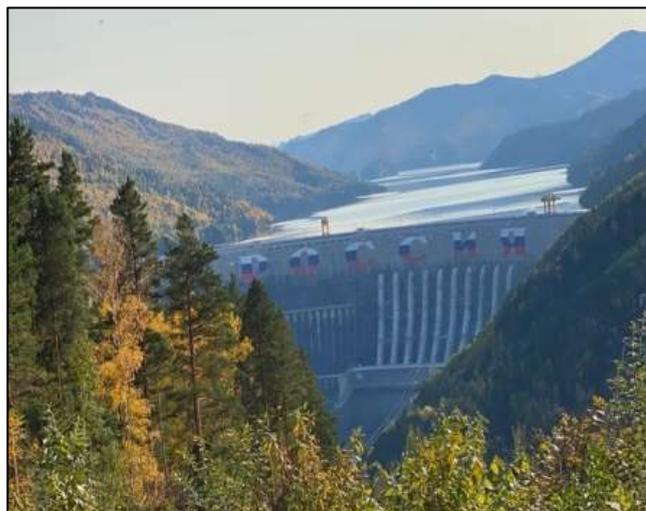
Геопарки станут настоящим магнитом для туристов, но для этого им необходима соответствующая инфраструктура с организационным началом главного инвестора.

В Европе туристическая деятельность мотивируется статусом геопарка. В России на сегодняшний день под эгидой ЮНЕСКО существует только геопарк Янгантау [2–5].

Научно обоснованный анализ важности геотуризма сделали учёные из МГУ (Ю. Н. Голубчиков, В. И. Кружалин) [6]. Они считают, что геопарки должны быть продолжением геологических отделов музеев. Их восхищение геопарком Йелиу на Тайване для нас, проживающих между гор Саяны – Кузнецкий Алатау, вызывает лишь умиление. Истинный восторг от красоты гор, через которые прорвался Енисей и особенно запертый в Карловом створе для производства самой чистой энергии, возникает, когда стоишь на «тайной» смотровой площадке (рис. 1).



а



б

Рис. 1. Восторг от красоты Енисея:
а – буровые работы в Карловом створе; *б* – гигант энергетики России

С этой площадки хорошо видны элементы геологического и негеологического наследия. Однако добраться туда не каждому возможно. Идут, чтобы насладиться красотой. И многим уже не нужно объяснять, что такое геоморфология. На «тайную» смотровую площадку желательно соорудить канатную дорогу.

В работе учёных МГУ убедительно показана связь геологии с экологией, а также представлен обзор идей эффективного использования заброшенных геологических выработок, шахт, штолен, каменоломен. Но главное – проанализирована геологическая наука как народная наука, способная совершать прорывы от людей, любительски занимающихся наукой. «С увеличением свободного времени у населения занятия наукой всё более реализуются в рамках отдыха. Главной основой для массовых занятий наукой служит интернет и туризм» [6, с. 373].

Известные места в РХ: озёра Шира, Белё, Тус, Ивановские озёра и ледники, заповедник «Хакасский» (Оглахты), Сундуки, Казановка, а также горнолыжные базы и тропы в Ергаках на юге Красноярского края.

В 2024 г. РусГидро запустил в эксплуатацию перед смотровой площадкой информационный центр. Он рассчитан на туристов, которые поедут на плотину с экскурсией в машинный зал и на гребень. Но далеко не весь поток туристов настроен на длительную экскурсию. К тому же в настоящее время из-за СВО посещение туристов ограничено. А вот посидеть в ресторане, оборудованном экранами для дистанционного просмотра экспозиций музея и работы основных агрегатов и лекциями ведущих специалистов и учёных, было бы интересно и полезно. Поэтому необходимо развивать это направление промышленного туризма.

Один из вариантов эскизного проекта музея с рестораном и «парящим» мостом разработан в ООО «Экспертиза недвижимости» (рис. 2).



Рис. 2. Один из вариантов эскизного проекта музея с рестораном перед сооружённым информационным центром смотровой площадки СШГЭС

Студенты специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений» ХТИ разрабатывают новые варианты ресторана с музеем, а также высотных зданий апарт-отеля. Необходимость строительства современного отеля давно созрела.

Если ещё вчера высотное здание со смотровой площадкой и зоной «селфи» среди пустынь, лесов и сталинской застройки, казалось чем-то «вычурным», то уже сегодня это скорее магнит для привлечения туристов нового поколения.

Геопарку нужен свой центр и отправная точка туристических маршрутов. Маршруты могут быть как для автомобильного, так, в будущем, и воздушного транспорта:

1) Черёмушки – Шушенское (Саяно-Шушенский заповедник) – Ергакки – Кызыл и обратно через Минусинск в Абакан;

2) Черёмушки – Бондарёво – Абаза – Казановка – Вершина Теи – Абакан. Из Абакана: Оглахты – Шира – Сундуки – Туз – Ивановские озёра.

Особо охраняемые территории РХ, Тувы и юга Красноярского края не разделять. Гость, прилетевший, например, из Москвы в Абакан, должен побывать и в Саяно-Шушенском заповеднике, и в Оглахтах, и в Алдын Булаке [7]. Сравнить турпотоки Янгантау и Тувы проблематично.

Однако туристы, прилетающие в Абакан в зимний период и чувствующие запах угарного газа от топок частного сектора, в следующий раз не захотят вернуться обратно и, более того, оставят отрицательный отзыв. Создание геопарка будет способствовать просветительской работе среди населения, экологической мотивации к теплосбережениям и снижению сжиганию угля в домах частного сектора.

В ХТИ СФУ разработаны типологии дефектов теплопотерь в домах частного сектора различных конструктивных схем [8], магистранты [9] провели эксперименты по установлению эффективности отдельных решений для снижения теплопотерь. Кафедра «Строительство и экономика» готовит материалы для разработки программы по созданию геопарка [10], в этой работе представлены возможные энергоэффективные объекты в проектируемом геопарке с использованием электрической энергии и энергии солнца.

Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова по заданию ООО «Экспертиза недвижимости» работает над проблемой проэкологического поведения обучающихся, предпринимателей и жителей частного сектора, которые загрязняют воздушный бассейн РХ, сжигая уголь в котлах и топках своих домов. Вместе с тем проблема исследования психолого-педагогических механизмов формирования мотивации к теплоэнергосбережению у населения остаётся недостаточно изученной. Мало внимания уделяется в научных исследованиях вопросам структуры и функций мотивации для развития проэкологического поведения людей, не раскрыты факторы формирования мотивации с использованием личностно-деятельностных технологий в данном процессе [11].

Таким образом, проведённый анализ туристических маршрутов указывает на их определённую сезонность. Вне зависимости от времени года остаётся главный маршрут – СШГЭС. Проектируемый геопарк вблизи СШГЭС необходимо увязывать с совершенствованием программ в школах, колледжах и вузах, прививать проэкологическое поведение жителям частного сектора.

Промышленный туризм необходимо совмещать с геотуризмом и санаторно-курортным лечением в живописных местах республики. Такой комплексный подход позволит поднять развитие туризма на более высокий уровень. В результате более культурное поведение людей, проживающих в Абакане и стремящихся к снижению выбросов от сжигания сырого угля, но не напуганных штрафами, будет способствовать улучшению экологической ситуации в Южно-Минусинской котловине.

Список источников

1. Об утверждении Стратегии развития туризма в Респ. Хакасия на период до 2035 г. URL: r-19.ru/documents/140/127017.html.
2. Ковалев С. Г. Геопарки как основа неиндустриального развития территории // Геологический вестник. 2019. № 3. С. 3–11.
3. Корф Е. Д. Геопарки и геотуризм как инструмент устойчивого развития сельской местности // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий: матер. 11-й междунар. НПК. Сочи, 2014. С. 579–581.
4. Об особо охраняемых природных территориях: Федер. закон № 33-ФЗ от 14.03.1995. URL: consultant.ru.
5. Корф Е. Д. Защита и эффективное использование геологического наследия России // Энергетика: эффективность, надёжность, безопасность: матер. 19-й всеросс. НТК. Т. 1. Томск, 2013. С. 220–221.
6. Голубчиков Ю. Н. Геотуризм как новый объект исследований в науках о Земле // Жизнь Земли. 2021. № 43 (3). С. 368–376.
7. Гарипова Г. Р. Проблемы развития геокультурного брендинга в Туве и Башкортостане / Г. Р. Гарипова, Е. А. Богдан // Новые исследования Тувы. 2022. № 2.
8. Исследование дефектов теплопотерь в индивидуальных жилых домах: отчёт по хоздоговорной НИР АААА-Ф18-118122490016-7.
9. Струков Г. П. Исследование аспектов теплоэнергоэффективности зданий на примере малоэтажной застройки в рамках экологически безопасной и комфортной городской среды: дисс. магистра. Красноярск: СФУ, 2024.
10. Логинова Е. В. Развитие туристических пространственных территорий, формирование геопарка «Хакасия» / Е. В. Логинова, А. В. Демина, У. А. Лавдоренко // Вестник Евразийской науки. 2024. Т. 16. № 3.
11. Халимова Н. М. Исследование уровня проэкологического поведения студентов технических специальностей среднего профессионального образования / Н. М. Халимова, О. Адыякова // СПО. 2024. № 5. С. 13–25.