

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Инженерно-строительный институт
Кафедра строительства и городского хозяйства

X Международный строительный форум молодых ученых - 2025

(Белгород, 25 ноября 2025 г.)

Том 2

Сборник докладов

Белгород
2025

УДК 69
ББК 38
Д25

Д25 **X** Международный строительный форум молодых ученых –
2025: сб. докл.: в 2 т. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2025. – Т.2. -
301 с.

ISBN 978-5-361-01615-0 (т.2)
ISBN 978-5-361-01616-7

В сборник вошли доклады, представленные участниками X Международного строительного форума молодых ученых-2025, состоявшегося в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова 25 ноября 2025 г. В сборнике представлены доклады по направлениям «Техническая эксплуатация и мониторинг технического состояния зданий и сооружений», «Ресурсосбережение, обеспечение надежности и долговечности зданий и сооружений», «Материаловедение и нанотехнологии в строительстве», «Управление жизненным циклом объектов строительства».

Издание предназначено для научных и инженерно-технических работников, а также для студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых.

Сборник докладов публикуется в авторской редакции.

**УДК 69
ББК 38**

ISBN 978-5-361-01615-0 (т.2)
ISBN 978-5-361-01616-7

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2025

ОРГКОМИТЕТ ФОРУМА

Глаголев С.Н.	– и.о. ректора БГТУ им. В.Г. Шухова д-р экон. наук, проф.
Евтушенко Е.И.	– первый проректор БГТУ им. В.Г. Шухова д-р техн. наук, проф.
Давыденко Т.М.	– проректор по научной и инновационной деятельности БГТУ им. В.Г. Шухова д-р пед. наук, проф.
Поляков В.М.	– проректор по цифровой трансформации и образовательной деятельности БГТУ им. В.Г. Шухова канд. техн. наук, доц.
Уваров В.А.	– директор инженерно-строительного института БГТУ им. В.Г. Шухова д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.	– заведующий кафедрой строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова д-р техн. наук, проф.
Меркулов С.И.	– заведующий кафедрой промышленного и гражданского строительства Курского государственного университета, д-р техн. наук, проф.
Смоляго Г.А.	– д-р техн. наук, проф. кафедры строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
Кочерженко В.В.	– канд. техн. наук, проф. кафедры строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
Есипов С.М.	– канд. техн. наук, доц. кафедры строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
Обернихин Д.В.	– канд. техн. наук, доц. кафедры строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
Фролов Н.В.	– канд. техн. наук, доц. кафедры строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
Дрокин С.В.	– канд. техн. наук, доц. кафедры строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
Рябчевский И.С.	– канд. техн. наук, ст. преп. кафедры строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	8
Техническая эксплуатация и мониторинг технического состояния зданий и сооружений	
Бандюков Д.Н.	
Проблемы экологии и перспективы развития инфраструктуры для экологически чистого транспорта в России.....	9
Бандюков Д.Н.	
Интеграция инфраструктуры экологически чистого транспорта в городскую среду: вызовы и строительные решения.....	13
Дуникова В.В.	
Повышение комфортности проживания в МКД с учетом применения современных материалов при проведении капитального ремонта.....	17
Дуникова В.В.	
Проведение капитального ремонта как механизм, способствующий повышению комфортности проживания.....	22
Еремин В.О., Моторыкина А.А.	
Способы усиления зон продавливания монолитных железобетонных перекрытий.....	28
Истомин Д.Н.	
Дефекты и повреждения крупноблочных зданий, возникающих в результате ЧС.....	31
Кувшинова А.С., Евдокимов А. Ю.	
Методы контроля прочности стали эксплуатируемых металлических конструкций.....	37
Кувшинова А.С.	
Перспективы развития железобетонных конструкций из высокопрочных бетонов.....	40
Кутоманова В.В.	
Проведение капитального ремонта в результате чрезвычайных ситуаций с учетом повышения комфортности жилья.....	43
Кутоманова В.В.	
Повышение эффективности организации и проведения капитального ремонта на примере Белгородской области.....	50
Моторыкина А.А., Шулепов Т.А., Еремин В.О.	
Адаптация исторических зданий под современные социальные объекты.....	54
Нефедов Д.Ю.	
Технология поддомкрачивания строительных конструкций.....	58
Пахомов И. С.	
Влияние превышения снеговой нагрузки на долговечность конструкций.....	63
Попова А.С.	
Практические рекомендации по ремонту трещин различной ширины.....	66
Сергеев В.С.	
Анализ работы автоматизированных систем с использованием нейронных сетей для обследования зданий и сооружений.....	70

Сериков П.В. Исследование теплопотерь в многоквартирных жилых домах для разработки типологии дефектов и методов их снижения.....	74
Серых В.Д., Дегтярь Д.А. Обследование корпуса элеватора.....	79
Серых В.Д., Дегтярь Д.А. Опасность образования вертикальных трещин.....	83
Шеверя С.А. Анализ инновационных решений при капитальном ремонте многослойных деревянных конструкций.....	86
Шеверя С.А. Инновационные подходы к восстановлению деревянных конструкций с применением композитных материалов.....	90
Шеверя С.А. Современные материалы для усиления деревянных конструкций: анализ и перспективы применения.....	95
Шеверя С.А. Современные материалы для усиления многослойных деревянных конструкций.....	99
Ресурсосбережение, обеспечение надежности и долговечности зданий и сооружений	
Бредова А.Е., Стрельников В.С. Светоотражающие материалы для отделки фасадов и их значение для световой среды.....	104
Володина Е.В., Ларина В.Ю., Шалунов З.А. Системный подход к управлению ресурсами: разбор управления материалами и трудовыми ресурсами.....	107
Кретова В.С. Роль инженерных систем в жизненном цикле здания.....	111
Манакон Н.А., Бачкала В.О., Гушин Д.А. Технологические свойства клеев для производства клееного бруса.....	116
Моторыкина А.А., Шулепов Т.А., Еремин В.О. К вопросу о запроектных воздействиях мостовых кранов на каркас производственного здания	120
Пашков А.С. Применение энергосберегающих красок для отделочных работ.....	124
Убайдуллаев Д. Р. Инновационные светопрозрачные фасады.....	127
Убайдуллаев Д. Р. Световодные системы в современной архитектуре.....	130
Черских Д.Ю. Роль узловых соединений в предотвращении прогрессирующего разрушения ферм покрытия.....	134
Чжан Шухао Обеспечение безопасности кровель гражданских зданий в зимний период.....	137

Материаловедение и нанотехнологии в строительстве

Бессонова А. В., Коломиец М. Р., Гушин Д.А. Утилизация упаковочного полистирола в России.....	142
Бессонова А. В. Возможность использования клеевых составов из вторичного полистирола в производстве деревянных конструкций.....	147
Владыкин А.Ю., Амелин П.А. Сравнительный анализ сплавов с эффектом памяти формы для предварительного напряжения и усиления железобетонных конструкций FE-SMA и NI-TI.....	151
Воронцев А.В., Левшин Д.Э. Обеспечение влагозащиты наружных ограждающих конструкций из ячеистого бетона.....	156
Глотова Д.А. К вопросу о влиянии температуры и влажности на долговечность деревянных конструкций.....	160
Городков Г.Д., Гушин Д.А. Проблема образования и пути утилизации отходов древесины в строительной отрасли.....	164
Грищенко М.С., Обухов А.Г., Литовченко Д.П. Совместимость компонентов и структурная стабильность полимерно-битумных вяжущих.....	167
Дудченко В.А. Использование боя керамического кирпича из разрушенных зданий и сооружений.....	172
Кравцов Е.Д., Войтенко О.Н., Кукин А.С. Эмульгаторы для битумных эмульсий.....	175
Лимощенко В.А., Каленко Н.И. Инновационные энергоэффективные материалы в строительстве.....	179
Писанная В.В. Конструктивные особенности детской мебели как ключевой фактор обеспечения комплексной безопасности.....	184
Рулев Д.А., Потапов Д.Ю. История и перспективы использования хризотила в строительстве.....	188
Скирдин Д. С. Породы древесины и их свойства.....	192
Скороходова М.Р. Повышение огнезащиты строительных материалов как элемент стратегии пожарной безопасности.....	196
Стурова В.А. Современные технологии в строительстве фортификационных сооружений: от композитов до цифровых двойников.....	199
Целуйко М.А. Достоинства и недостатки пеностекла, применяемого в качестве теплоизоляционного материала в зданиях и сооружениях.....	203

Шаталов Е.А., Чернецкий С.В.

Использование технологических отходов деревообрабатывающих предприятий в производстве строительных материалов..... 207

Янь Хунюе

Определение прочности бетона с применением математических моделей..... 212

Управление жизненным циклом объектов строительства

Аноприенко Д.С., Рябчевский И.С.

Современные методы управления жизненным циклом объектов капитального строительства с использованием адаптивных моделей прогнозирования их технического состояния..... 216

Гончаренко Е.И.

Факторы, влияющие на долговечность каркасных железобетонных зданий..... 222

Гриндуль Д.А.

Управление рисками в календарно-сетевом планировании в строительстве..... 226

Дроздович А.А.

Современные методы управления строительными проектами для повышения производительности труда..... 231

Зиятдинова А.Н., Марченко А.В.

Изменение подходов к продлению срока службы панельных домов в российской строительной нормативной базе..... 236

Зюбанов А.В.

Особенности внедрения эксплуатационной информационной модели здания с учетом нормативных требований..... 245

Караник Е.К.

Система календарного планирования как инструмент организационного управления строительством высотных зданий..... 251

Красникова Е. В., Шарапов О. Н.

Современные CRM-системы как краеугольный камень экономического обоснования тарификации в управлении многоквартирными домами..... 258

Малюк Е.В.

Страхование строительных рисков с учетом длительности жизненного цикла..... 268

Рябчевский И.С., Левшин А.М., Погорелов М.Р.

Интеграция BIM и IOT для комплексного управления объектами строительства..... 272

Смулярова В.С., Дмитриев А.И., Рудакова С.Р.

Исследование методов идентификации, анализа и управления рисками, возникающими на различных этапах строительства..... 286

Фетисов А.С.

К вопросу несоответствия срока службы гидроизоляции подземных конструкций жизненному циклу здания..... 290

Шаповалов М.М., Артемова К.А., Трошкина В.Б.

Адаптивная архитектура как инструмент устойчивого развития малых и средних городов..... 293

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный сборник докладов опубликован по результатам X Международного строительного форума молодых ученых – 2025, который состоялся 25 ноября 2025 года в БГТУ им. В.Г. Шухова.

Организатором строительного форума среди молодых ученых является кафедра строительства и городского хозяйства.

Работа X Международного строительного форума молодых ученых – 2025 включала основные направления:

- современные конструкции и расчетные методики зданий и сооружений
- информационное моделирование строительства
- прогрессивные организационно-технологические решения в строительстве
- техническая эксплуатация и мониторинг технического состояния зданий и сооружений
- ресурсосбережение, обеспечение надежности и долговечности зданий и сооружений
- материаловедение и нанотехнологии в строительстве
- управление жизненным циклом объектов строительства

Форум объединил свыше 150 молодых ученых из вузов России и других стран, в их числе:

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Россия

Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, г. Владимир, Россия

Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль, Россия

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

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

Липецкий государственный технический университет, г. Липецк, Россия

Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск, Россия

Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, г. Гродно, Беларусь

Хулунбуирский университет, г. Хулунбуир, Китай

Оргкомитет форума выражает благодарность всем участникам форума и приглашает всех желающих принять участие в последующих форумах и конференциях.

Оргкомитет

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Бандюков Д.Н., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.
Косухин М.М.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ТРАНСПОРТА В РОССИИ

Загрязнение атмосферного воздуха крупных городов и мегаполисов представляет собой одну из наиболее острых проблем современности, значительный вклад в которую вносит автомобильный транспорт с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) [1]. Рост автомобилизации, увеличение интенсивности дорожного движения и связанные с этим заторы приводят к повышенным выбросам CO_2 , загрязняющих веществ и шумовому воздействию, что негативно сказывается на экологической обстановке и здоровье населения [2, 3]. В качестве стратегического направления решения данной проблемы рассматривается переход на экологически чистый транспорт, прежде всего, электрический. Так же, можно добавить строительство выделенных полос для общественного транспорта и интегрированных пересадочных узлов, требующих изменения подходов к проектированию дорожных развязок [4].

Целью данной работы является анализ экологических проблем, порождаемых традиционным транспортом, и комплексное исследование условий и барьеров для развития инфраструктуры, необходимой для широкого внедрения экологически чистых транспортных средств в России.

К экологическим проблемам традиционного транспорта и потенциал перехода на ЭКТ можно отнести следующее.

Как справедливо отмечают исследователи, транспортная инфраструктура играет огромную роль в развитии любого региона, однако ее негативное воздействие на экосистему становится

критическим [1]. Основными отрицательными последствиями являются:

1. Выбросы парниковых газов: Рост концентрации CO_2 является ключевым фактором глобального изменения климата [1].

2. Загрязнение воздуха: Выбросы оксидов азота, серы, углерода и твердых частиц напрямую влияют на здоровье городских жителей [2, 3].

3. Шумовое и тепловое загрязнение: Создают дискомфортную городскую среду [3].

Электромобили и электротранспорт рассматриваются как основной инструмент декарбонизации транспортного сектора. Как показано в исследованиях, в течение всего жизненного цикла электромобиль обладает значительным преимуществом (около 50 %) по выбросам CO_2 по сравнению с автомобилем с ДВС [5]. Кроме того, они обеспечивают снижение шума и отсутствие локальных выбросов в городской черте.

Особая роль в решении данного вопроса отводится инфраструктурным барьерам и региональным диспропорциям.

Ключевым ограничением для массового перехода на ЭКТ является слабое развитие зарядной инфраструктуры. Анализ, проведенный для регионов Северо-Западного федерального округа (СЗФО), выявил значительные диспропорции [6]. Несмотря на то, что в СЗФО расположено 117 зарядных станций, их распределение крайне неравномерно: большая часть сконцентрирована в Санкт-Петербурге (74 шт.), Ленинградской и Новгородской областях. При этом такие регионы, как Вологодская и Псковская области, практически исключены из межрегионального сообщения на электромобилях из-за отсутствия необходимой инфраструктуры [6].

Внутри городов также наблюдаются проблемы. Зарядные станции (ЭЗС) часто расположены на периферии, вдали от исторических центров и основных туристских объектов (как, например, в Вологде и Череповце), или же их установке в центральных районах мешают технические и архитектурные ограничения (Санкт-Петербург) [6]. Кроме того, отсутствие единой и доступной информации о типе зарядки (медленная/быстрая), ее стоимости и доступности в реальном времени создает дополнительные трудности для пользователей.

Важное значение имеют экономические и нормативно-правовые механизмы стимулирования.

Высокая стоимость электромобилей и инфраструктуры является существенным барьером. Стоимость электробуса может в 2-3 раза превышать стоимость обычного [1], а замена аккумулятора составляет

от 25 до 50 % от общей стоимости автомобиля [7]. В этой связи необходима комплексная государственная поддержка.

В России был принят ряд мер стимулирования: освобождение от уплаты налога на добавленную стоимость при ввозе и реализации электромобилей, бесплатная парковка, нулевая транспортная ставка и др. [5, 8]. Однако, как отмечают эксперты, существующие меры недостаточны. Например, инициатива об освобождении владельцев электромобилей от транспортного налога была отклонена Государственной Думой [7].

1. Для эффективного развития инфраструктуры необходимы:

2. Совершенствование нормативной базы: Включение объектов для зарядки ЭКТ в перечень транспортной инфраструктуры на федеральном уровне [1].

3. Прямое финансирование и софинансирование: Стимулирование развития зарядной сети через механизмы государственно-частного партнерства, субсидии на приобретение техники и строительство ЭЗС [7, 9].

4. Налоговое стимулирование: Дифференциация налоговых ставок в зависимости от экологического класса транспортного средства, что успешно применяется в европейских странах [3].

Концептуальными подходами к развитию инфраструктуры являются следующие.

В исследованиях предлагаются различные концепции развития инфраструктуры для общественного электротранспорта [7]:

1. Электробусы с питанием в движении (от контактной сети, как троллейбусы).

2. Электробусы с подзарядкой в движении (через встроенный в дорогу рельс).

3. Электробусы с подзарядкой на остановочных пунктах.

4. Электробусы с зарядкой в депо.

Для российских условий, с учетом специфики дорог, климата и наличия существующей троллейбусной инфраструктуры, наиболее перспективной признана концепция «Электробусы с подзарядкой в движении», предлагаемая ПАО «КамАЗ» [7].

В заключении можно сделать вывод о том, что развитие инфраструктуры для экологически чистого транспорта является неотъемлемым условием перехода к устойчивой и экологически безопасной транспортной системе России. Несмотря на признание важности этой задачи на государственном уровне и наличие Концепции развития производства и использования электрического автомобильного транспорта до 2030 г., на пути ее реализации стоит ряд серьезных барьеров.

К ним относятся ярко выраженная региональная диспропорция в размещении зарядной инфраструктуры, ее недостаточная доступность в ключевых туристических и городских центрах, высокие первоначальные затраты, а также необходимость дальнейшего совершенствования нормативно-правовой и налоговой базы. Для успешного преодоления этих барьеров требуется применение комплексного подхода, сочетающего точечное инфраструктурное планирование на основе геоинформационного моделирования, прямую финансовую поддержку, привлечение частных инвестиций через механизмы ГЧП и создание прозрачной системы льгот для потребителей и производителей. Только такой многофакторный стратегический план позволит обеспечить не только экологическую безопасность, но и экономическую эффективность перехода на экологически чистый транспорт.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коваль В.А., Вангородская С.А. Перспектива развития экологически чистого транспорта на территории Белгородской агломерации // *European Scientific Conference*. – С. 267-271.
2. Белик И.С., Аликберова Т.Т., Криворотов В.В. Экономические аспекты совершенствования эколого-экономической безопасности автотранспорта // *Вестник УрФУ. Серия экономика и управление*. 2019. Т. 18, № 6. С. 930-943.
3. Лебедев А.В. (2022) Анализ воздействия автотранспорта на окружающую среду и здоровье человека. **Экология и промышленность России**, 26(1), с. 52-57.
4. Косухин М.М., Шарапов О.Н., Шаповалов С.М. Транспортные системы городов: учеб. пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. – 255с.
5. Месник Д.Н., Вечерко Д.А. Экономико-организационный механизм стимулирования развития экологически чистых технологий на транспорте // *Наука и техника*. 2023. Т. 22, № 3. С. 248-255
6. Кудревич А.Ю. Оценка инфраструктурной доступности электрозаправочных станций в регионах Северо-Запада России в целях туризма // *Вопросы территориального развития*. 2023. Т. 11, № 1. С. 1-15.
7. Трифионов И.В., Череповская Н.А., Колмогоров А.А., Трошко И.И. Анализ влияния электромобилей на городскую инфраструктуру в контексте Индустрии 4.0 // *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент*. 2019. Т. 9, № 3 (32). С. 25-33.

8. Бобылев Э.Э. Анализ основных направлений государственной поддержки инновационных транспортных технологий в России // Экономический вестник ИПУ РАН. 2021. №3. С. 86-92.

9. Распоряжение Правительства РФ от 23 августа 2021 г. № 2290-р «Об утверждении Концепции по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года».

Бандюков Д.Н., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.
Косухин М.М.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИНТЕГРАЦИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ТРАНСПОРТА В ГОРОДСКУЮ СРЕДУ: ВЫЗОВЫ И СТРОИТЕЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ

Транспортный сектор остается одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха в крупных городах и агломерациях. Транспортная система, основанная на двигателях внутреннего сгорания, не только тормозит экономическое развитие из-за простоев и пробок, но и способствует значительным выбросам CO₂ [1]. В условиях глобальной климатической повестки и ужесточения экологических требований переход на экологически чистый транспорт становится императивом. Однако его успешная реализация невозможна без кардинальной трансформации городской инфраструктуры, что представляет собой сложную комплексную задачу для строительной отрасли.

Вызовы для строительного комплекса

Основными вызовами в данном вопросе для строительного комплекса являются:

1. Развитие зарядной инфраструктуры. Главным технологическим барьером для широкого распространения электромобилей является «диапазонная тревожность» пользователей, вызванная недостаточной сетью электрозаправочных станций (ЭЗС). Существующая сеть ЭЗС в России, даже в относительно развитых регионах Северо-Запада, не обеспечивает полноценной транспортной связности и характеризуется низкой доступностью в центральных исторических районах городов [2]. Строительство ЭЗС сопряжено с рядом трудностей:

– Подключение к энергосетям: установка быстрых зарядных станций требует значительных электрических мощностей, что зачастую невозможно без масштабной реконструкции существующих городских электросетей. Проблема усугубляется в исторических центрах, где кабельные линии часто физически изношены и не рассчитаны на современные нагрузки;

– планировочные ограничения: размещение ЭЗС в исторических центрах городов (например, в Санкт-Петербурге) затруднено из-за необходимости сохранения архитектурного облика и ограниченных возможностей подключения к инфраструктуре [2]. Требуются специальные дизайн-проекты, интегрирующие зарядное оборудование в историческую застройку;

– нормативная база: Федеральный закон «О транспортной безопасности» до сих пор не включает объекты зарядной инфраструктуры в перечень объектов транспортной инфраструктуры, что создает правовой вакуум и осложняет их регулирование и финансирование [1]. Это сдерживает системное планирование и строительство.

2. Модернизация общественного транспорта. Перспективным направлением является перевод публичного транспорта на электрическую тягу. Замена автобусов на электробусы и развитие троллейбусной сети – ключ к снижению выбросов [1]. Однако это требует не только закупки нового подвижного состава, но и строительства сопутствующей инфраструктуры: тяговых подстанций, конечных станций с ультрабыстрой зарядкой, а также депо, адаптированных для обслуживания электробусов.

3. Адаптация дорожной инфраструктуры. Развитие электротранспорта (ЭТ) не ограничивается электромобилями. Строительство выделенных полос для общественного транспорта, а также интегрированных пересадочных узлов требует изменения подходов к проектированию дорожных развязок и организации движения [3]. Кроме того, необходима интеграция велосипедной инфраструктуры, которая также является частью экологичной транспортной системы, но часто не учитывается в российских нормативах [1].

4. Экономические риски. Развитие электротранспорта сужает парк автомобилей с ДВС, что ведет к снижению потребления нефтепродуктов и, как следствие, к сокращению поступлений налогов на топливо. По оценкам экспертов, к 2030 г. глобальные потери от этого могут составить 75–90 млрд долл. [4].

Что касается строительных и планировочных решений, для преодоления указанных вызовов необходим комплексный градостроительный подход, включающий следующие меры:

1. Стратегическое планирование и зонирование. Размещение объектов инфраструктуры ЭТ должно быть интегрировано в генеральные планы городов и схемы территориального планирования. Целесообразно выделять зоны с обязательным оснащением зарядной инфраструктуры: новые жилые микрорайоны, торгово-развлекательные комплексы, офисные центры, узлы общественного транспорта [5]. Это позволит обеспечить опережающее развитие сети ЭЗС. Ключевую роль в этом процессе играет разработка и реализация государственных концепций, определяющих целевые показатели по развитию производства и использования электротранспорта, как это предусмотрено в России на период до 2030 г. [6]. Концепция должна включать не только целевые показатели по количеству станций, но и стандарты их размещения, учитывающие пешеходную и транспортную доступность.

2. Использование альтернативных источников энергии. Для снижения нагрузки на городские сети и повышения экологичности самого ЭТ при строительстве ЭЗС и автобусных парков следует применять технологии возобновляемой энергетики. Интеграция солнечных панелей в конструкции остановочных павильонов, шумозащитных экранов и крыш депо может стать эффективным решением, как было предложено для Белгородской агломерации [1]. Это не только снижает эксплуатационные расходы, но и повышает энергонезависимость объектов инфраструктуры.

3. Внедрение «умных» технологий (Smart City). Строительство инфраструктуры ЭТ должно сопровождаться внедрением интеллектуальных систем управления. Это включает:

- умные парковки с интегрированными зарядными точками и системой бронирования;
- динамическое управление нагрузкой на электросети для оптимизации энергопотребления;
- ГИС-системы для мониторинга и планирования размещения ЭЗС, как это было опробовано в Республике Беларусь для целей «зеленого» градостроительства [7].

4. Государственно-частное партнерство (ГЧП). Учитывая высокую капиталоемкость проектов по созданию инфраструктуры ЭТ, механизмы ГЧП являются наиболее эффективным инструментом их реализации. Именно такой подход позволяет распределить риски и привлечь частные инвестиции в условиях длительного срока

окупаемости объектов [5]. Для успеха критически важна разработка продуманного экономико-организационного механизма стимулирования [4], который может включать меры налогового льготирования (например, освобождение от НДС и транспортного налога), субсидирования части затрат на строительство ЭЗС и закупку транспорта, а также адаптацию фискальной политики для компенсации бюджетных потерь от снижения потребления нефтепродуктов. Анализ основных направлений государственной поддержки показывает, что помимо финансирования, ключевыми являются такие меры, как снятие регуляторных барьеров, стимулирование спроса через льготные лизинговые программы и создание отечественного производства компонентов [6].

Таким образом, интеграция инфраструктуры для экологически чистого транспорта в городскую среду – это сложная, но решаемая задача для современного строительного комплекса. Ее успех зависит от перехода от точечного строительства отдельных объектов к комплексному градостроительному планированию, учитывающему энергетические, транспортные и экологические аспекты. Ключевыми направлениями являются: заблаговременное закрепление требований по инфраструктуре ЭТ в нормативных документах, активное внедрение энергоэффективных и «умных» технологий, а также использование механизмов ГЧП для финансирования масштабных проектов [4, 6]. Только такой подход позволит создать устойчивую, технологически развитую и комфортную городскую среду, отвечающую вызовам XXI в.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коваль В.А., Вангородская С.А. Перспектива развития экологически чистого транспорта на территории Белгородской агломерации // European Scientific Conference. – 2018 – С. 267–271.
2. Кудревич А.Ю. Оценка инфраструктурной доступности электрозаправочных станций в регионах Северо-Запада России в целях туризма // Вопросы территориального развития. – 2023. – Т. 11. – № 1.
3. Косухин М.М., Шарапов О.Н., Шаповалов С.М. Транспортные системы городов: учеб. пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. – 255с.
4. Месник Д.Н., Вечерко Д.А. Экономико-организационный механизм стимулирования развития экологически чистых технологий на транспорте // Наука и техника. – 2023. – Т. 22. – № 3. – С. 248–255.
5. Трифионов И.В., Череповская Н.А., Колмогоров А.А., Трошко И.И. Анализ влияния электромобилей на городскую инфраструктуру в контексте Индустрии 4.0 // Известия Юго-Западного государственного

университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2019. – Т. 9. – № 3. – С. 25–33.

6. Бобылев Э.Э. Анализ основных направлений государственной поддержки инновационных транспортных технологий в России // Экономический вестник ИПУ РАН. – 2021. – № 3. – С. 86–92.

7. Курлович Д.М., Усова И.П., Сысоева В.А. Картографо-геоинформационное обеспечение разработки планов зеленого градостроительства в Республике Беларусь // – С. 151–164.

Дуникова В.В., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.
Косухин М.М.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПОВЫШЕНИЕ КОМФОРТНОСТИ ПРОЖИВАНИЯ В МКД С УЧЕТОМ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА

Актуальность капитального ремонта многоквартирного жилищного фонда России обусловлена критическим уровнем физического износа инфраструктуры, достигшим к началу 2010-х гг. 60-70 % для инженерных систем, что создало прямые угрозы безопасности и комфорту граждан. По данным Минстроя РФ, более 25 % многоквартирных домов требуют неотложного вмешательства. Эти вызовы стали катализатором законодательных изменений 2012 г., интегрировавших в Жилищный кодекс РФ раздел IX, который заложил основы системного подхода к финансированию капремонта через региональных операторов и целевые фонды [1, 2].

В свою очередь, недостаточность финансирования на проведение работ по капитальному ремонту может привести к отказу от важных элементов ремонта, ухудшению качества применяемых материалов и работ, что в конечном итоге негативно сказывается на комфорте проживания жителей.

Существующее положение дел в Белгородской области показывает, что наиболее экономически целесообразной и актуальной сферой реконструкционной деятельности считается фонд домов, которые были построены в 1950-1960-е гг. К тому же, необходимости первоочередного решения этой проблемы послужила еще и масштабностью типового жилищного фонда.

Своевременное проведение капитального ремонта способствует созданию комфортной и безопасной среды проживания, что положительно сказывается на здоровье и благополучии жителей.

В ходе работ по капитальному ремонту следует осуществлять следующие основные мероприятия: замена покрытия крыши; утепление фасадов с декоративным оформлением здания; утепление технического этажа; замена окон с решением задачи проветривания и рекуперации; утепление перекрытий подвала с его санацией; санация подъездов; санация балконов; монтаж лифта в наружной части здания (при отсутствии лифта) замена инженерных коммуникаций в здании; замена радиаторов с установкой на них термостатов и теплосчетчиков; устройство горизонтальной схемы подачи тепла в квартиры; установка квартирных счетчиков потребления воды; устройство теплового узла в подвале здания и коллективных счетчиков расхода газа, воды; обустройство придомовой территории. А разработки таких ученых, как С.Н. Булгаков, Л.В. Хихлух, Р.М. Алоян, М.К. Барканов, А.Т. Пименов, В.И. Римшин, А.Д. Корнеев, А.Г. Ройтман, А.П. Прокопшин, Б.Р. Рубаненко, В.В. Федоров, О.В. Лужин, И.А. Рыбина, В.А. Харитонов, В.М. Молчанов, Н.Н. Миловидов и многих других [2-5], в области организации проектирования, обследования зданий, технологии и производства СМР при капитальном ремонте и реконструкции жилых домов дают возможность осуществить переустройство жилых домов таким образом, что повышает эксплуатационные характеристики и потребительские свойства жилищ. В итоге, полная, комплексная реконструкция жилых домов на основе расширенного воспроизводства жилья, не только окупается, но и достигает социальных результатов, комфортности, удобств и уюта, благоустройства, превышающих требования нормативных документов и новых жилых домов-эталонов [6].

Одними из основных видов работ при проведении капитального ремонта являются утепление и ремонт фасада многоквартирного дома. Необходимость утепления фасада обусловлена комплексом факторов – от физических законов теплопередачи и экономической целесообразности до социальных требований к комфорту и здоровью жителей. Утепление фасада подразумевает снижение теплопотерь и повышение комфорта, продлевает срок службы здания и уменьшает расходы на отопление – при этом улучшает здоровье и безопасность жильцов, а также с экономической точки зрения, увеличивает стоимость недвижимости.

С целью сопоставления применяемых современных технологий и материалов подготовлен сравнительный анализ применяемых при утеплении фасада материалов.

Данный сравнительный анализ представлен в табл. 1.

Таблица 1

**Сравнительный анализ СУФ
(системы утепления фасада) КОРОЕД и ТЕРМОЛЕНД [7]**

№ п/п	Короед (мокрый фасад)	Термоленд (фасадные кассеты)
1	2	3
1	Описание материала	
	Штукатурка короед производится на акриловой и гипсовой основе, в том числе используется катанное стекло или мраморный измельченный порошок	Термоленд представляет собой трехслойную конструкцию, состоящую из облицовочного стального листа и слоя минераловатного утеплителя, между ними находятся вент каналы, вырезанные в слое утеплителя
2	Технология отделки	
	Наклейка минераловатных плит (50 мм)	Создание деревянного каркаса
	Армирование поверхности плит сеткой	Обработка каркаса антисептиками
	Нанесение штукатурки короед	Монтаж термопанелей системой «паз гребень»
	Придание фактурного рисунка	Затирка швов термопанелей
	Покраска (при необходимости)	Нанесение средства для защиты панелей от воды (гидрофубизатор)
3	Стоимость с утеплением (*)	
	Облицовка фасада полимерной декоративной штукатуркой (КОРОЕД) с утеплением минераловатными плитами плотностью 120-150 кг/м ² толщиной 80-100 мм составляет 6 194 р/м ²	Облицовка фасада фасадными кассетами с утеплением минераловатными плитами плотностью 75 кг/кв. м толщиной 100 мм составляет 7 039 р/м ²
4	Преимущества и недостатки	
	Преимущества	Преимущества
	Необычный и оригинальный внешний вид. Экологически безопасен. Материал быстро засыхает (1 сутки). Доступная цена. Наносится практически на любой тип поверхности, подлежащей оштукатуриванию.	Качественная теплоизоляция. Удобство работы (термоплиты готовы к установке). Экологически чистая продукция. Большой диапазон температур в момент проведения монтажных работ. Высокая плотность и прочность материала. Продолжительный срок эксплуатации. Дополнительная звукоизоляция помещений. Небольшой вес готовой системы. Привлекательный внешний вид.
	Недостатки	Недостатки
	Возможность появления трещин. Необходимость проведения работ в режиме температурных и влажностных ограничений	Сложность определения качественного материала. Поврежденные панели неремонтопригодны, не подлежат восстановлению. По мнению специалистов достаточно спорный материал
5	Устойчивость к ударам/механическому воздействию	
	Финишный слой тонкий, сравнительно менее стойкий к ударам	Панели более ударопрочные
6	Ремонтопригодность	
	Местный ремонт штукатурного слоя возможен, но восстановление декоративной фактуры и подбор существующего цвета требует навыков.	Замена отдельной панели простая, легче обновить внешний вид без федерального ремонта

Окончание табл. 1

1	2	3
	Эстетика	
7	Широкие возможности фактур и цветов. Короед придает характерную зернистую фактуру	Широкие дизайнерские возможности, ровные панели, различные фактуры, крупноформатные элементы, фальш-швы
	Эксплуатация	
	Штукатурка Короед проста в работе, эстетичная сохраняет здание 10-12 лет при корректном нанесении и что важно – бюджетная.	Исключение дальнейшей необходимости финансирования работ по поддержанию, текущему и капитальному ремонту фасадов зданий оснащенных СУФ «ТЕРМОЛЭНД» на срок не менее 25 лет.
8	Долгий срок эксплуатации без видимых изменений покрытия	Остановка износа зданий всех типов (продление срока эксплуатации зданий и сооружений).
	Срок службы фасада, утепленного системой Короед зависит от того, какая штукатурка была использована. Наименьшая долговечность у минеральной (10 лет), у акриловой (20 лет), силиконовые и силикатные (25 лет).	
	Дополнительно	
9	Наносить декоративный слой можно только при плюсовых температурах, до +50 °С. Работы должны проводиться в сухую погоду. Сохнуть короед также должен без воздействия осадков. На поверхность не должны попадать прямые солнечные лучи, а чтобы узор сохранился таким, как его нанесли на поверхность, сильный ветер не желателен.	Полностью заводское качество изготовления такой системы создает основное конкурентное преимущество и дает гарантию качества заказчикам. Фасадная система термолэнд – имеет решения, как для эконом. так и для сдельного пеновых сегментов – это гарантирует массовый спрос на рынке фасадов наружного утепления.

Примечание: *Расчет выполнен в соответствии с установленным размером предельной стоимости услуг и (или) работ по капитальному ремонту общего имущества многоквартирных домов на территории Белгородской области, оказание и (или) выполнение которых финансируется исходя из минимального размера взноса на капитальный ремонт в 2025 г., утвержденным Постановлением Правительства Белгородской области № 246-пп от 10 июня 2024 г.

На основании данной таблицы очевидно, что выбор между «Короедом» и «Термолендом» зависит от конкретных задач и требований к фасаду:

Если важна низкая стоимость и требуется создать узнаваемый декоративный эффект, общий архитектурный облик, к примеру, на видовых улицах города, то «Короед» – правильный выбор. Однако, в этом случае необходимо в обязательном порядке предусмотреть дополнительное утепление фасада, если это необходимо.

Если важна хорошая теплоизоляция, долговечность и устойчивость к загрязнениям, то «Термоленд» – более предпочтительный вариант. Однако, стоит учитывать, что «Термоленд», как правило, на порядок дороже и требует более квалифицированного монтажа.

Таким образом, в заключении можно сделать вывод о том, что любой из предложенных вариантов позволяет существенно снизить

расходы на коммунальные ресурсы и будет способствовать созданию комфортной и безопасной среды проживания, повышению качества жизни населения, а это в свою очередь, несомненно, положительно скажется на здоровье и благополучии граждан.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мельникова Е. Н. Совершенствование системы проведения капитального ремонта жилищного фонда // Экономика и социум. 2019. №6 (61). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-sistemy-provedeniya-kapitalnogo-remonta-zhilischnogo-fonda> (дата обращения: 06.03.2025).

2. Косухин М.М. От истории создания до современного состояния и перспектив развития жилищно-коммунального хозяйства России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 12. С. 48-54.

3. Булгаков С.Н. Комплексная реконструкция устаревших жилых домов и застройки как средство повышения комфортности и оздоровления жилой среды / Здоровье населения – стратегия развития среды жизнедеятельности в 2-х томах: сб. статей к Общему собран. РААСН // Белгородский государственный технологический университет им В.Г. Шухова, Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. Т.1.

4. Корнеев А.Д. Измерение показателя функциональности здания от проведения ремонтов / А.Д. Корнеев, И.А. Рыбина, О.И. Бузина, А.Н. Плохих, А.Л. Томилов // Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии: Вестник БГТУ / Материалы международной научно-практической конференции: Белгород: Изд-во БГТУ, Вып. 12, 2005.

5. Алоян Р.М., Подживотов В.П., Хохлов А.А. Система поточной организации реконструкции и капитального ремонта жилья на основе процессного подхода и теплоснабжения // ОАО «Издательство «Иваново», Иваново, 2006. С. 12–42.

6. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года / Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р.

7. Размер предельной стоимости услуг и (или) работ по капитальному ремонту общего имущества многоквартирных домов на территории Белгородской области, оказание и (или) выполнение которых финансируется исходя из минимального размера взноса на капитальный ремонт в 2025 году / Утвержден Постановлением Правительства Белгородской области от 10 июня 2024 года № 246-пп.

Дуникова В.В., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.
Косухин М.М.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРОВЕДЕНИЕ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА КАК МЕХАНИЗМ, СПОСОБСТВУЮЩИЙ ПОВЫШЕНИЮ КОМФОРТНОСТИ ПРОЖИВАНИЯ

Актуальность разработки комплексного механизма модернизации жилищной инфраструктуры России, особенно на уровне субъектов федерации, стала ключевым фактором законодательных изменений 2012 г. [1].

Совершенствование проведения капитального ремонта в многоквартирных домах важно в целом по ряду причин, затрагивающих комфорт, безопасность, экономическую устойчивость и социальное благополучие жителей, проживающих в многоквартирных домах, подлежащих капитальному ремонту в рамках реализации краткосрочных программ [2].

Капитальный ремонт общего имущества в многоквартирном доме – это проведение работ по устранению физического износа или разрушения конструкций, инженерных систем и оборудования, не относящихся к текущему ремонту, с целью восстановления или замены этих элементов для обеспечения безопасной и комфортной эксплуатации многоквартирного дома.

Целью капитального ремонта являются:

– восстановление или замена элементов общего имущества в многоквартирном доме, находящихся в неудовлетворительном состоянии, что подтверждается актом мониторинга технического состояния многоквартирного дома.

– продление срока службы здания;

– повышение безопасности и комфорта проживания;

– снижение эксплуатационных расходов.

Виды капитального ремонта. Перечень работ и (или) по капитальному ремонту общего имущества в многоквартирном доме, оказание и (или) выполнение которых финансируются за счет средств фонда капитального ремонта установлен статьей 5 Закона Белгородской области от 31 января 2013 г. № 173 «О создании системы финансирования капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах Белгородской области» [3]:

1. Ремонт внутридомовых инженерных систем электро-, тепло-, газо-, водоснабжения, водоотведения.

2. Ремонт, замена, модернизация лифтов, ремонт лифтовых шахт, машинных и блочных помещений.

3. Ремонт крыши, в том числе переустройство неventилируемой крыши на вентилируемую крышу, устройство выходов на кровлю.

4. Ремонт подвальных помещений, относящихся к общему имуществу в многоквартирном доме.

5. Ремонт фасада.

6. Установка коллективных (общедомовых) приборов учета потребления ресурсов, необходимых для предоставления коммунальных услуг, и узлов управления и регулирования потребления этих ресурсов (тепловой энергии, горячей и холодной воды, электрической энергии и газа).

7. Ремонт фундамента многоквартирного дома.

8. Установка пандусов для перемещения инвалидов колясок.

9. Замена и (или) восстановление несущих строительных конструкций многоквартирного дома и (или) инженерных сетей многоквартирного дома, отнесенные в соответствии с законодательством о градостроительной деятельности к реконструкции объектов капитального строительства.

10. Утепление фасада (в случае, если необходимость утепления подтверждается энергетическим обследованием многоквартирного дома, проведенным в соответствии с законодательством об энергосбережении и повышении энергетической эффективности) [4].

По степени охвата работ капитальный ремонт делится на два вида:

1. *Комплексный капитальный ремонт.* Включает в себя выполнение всех видов работ, необходимых для полного восстановления или замены конструкций и инженерных систем в многоквартирном доме (выполняется при достаточности средств на счете регионального оператора или специальном счете).

2. *Частичный капитальный ремонт.* Включает в себя выполнение отдельных видов работ, направленных на устранение конкретных проблем (например, только ремонт крыши или только замена лифтов). Выполняется при дефиците денежных средств.

Этапы капитального ремонта:

1. Планирование и подготовка:

– включение многоквартирного дома в региональную программу капитального ремонта;

- определение необходимости проведения капитального ремонта (на основании актов мониторинга технического состояния многоквартирного дома);
- принятие решения собственниками помещений о проведении капитального ремонта (на общем собрании собственников);
- выбор способа формирования фонда капитального ремонта (на счете регионального оператора или на специальном счете дома);
- определение видов работ, сметной стоимости, сроков проведения капитального ремонта;
- разработка проектной документации (при необходимости);
- выбор подрядной организации (путем проведения конкурса или аукциона).

2. Проведение работ:

- подготовка строительной площадки;
- выполнение строительно-монтажных работ в соответствии с проектной документацией и графиком работ;
- осуществление технического надзора за качеством выполнения работ, информирование жителей о ходе выполнения работ.

3. Приемка работ:

- приемка выполненных работ комиссией, в состав которой входят представители собственников помещений, управляющей организации (или ТСЖ), регионального оператора, органов местного самоуправления;
- подписание акта приемки выполненных работ;
- оплата выполненных работ подрядной организации.

4. Гарантийное обслуживание:

- подрядная организация несет гарантийные обязательства за качество выполненных работ в течение установленного срока (5 лет). В случае выявления дефектов, подрядная организация обязана устранить их за свой счет.

Разработанные алгоритмы и мероприятия направлены в первую очередь на следующие цели:

1. Повышение комфорта проживания жителей: Современные технологии и материалы позволяют создавать более энергоэффективные, экологичные и эстетически привлекательные дома. Качественный капремонт может значительно улучшить тепло- и звукоизоляцию, что напрямую влияет на комфорт проживания. Замена устаревшего оборудования (лифты, кровли, фасады, системы вентиляции, системы электро-, тепло-, газо-, водоснабжения, водоотведения) также повышает удобство и функциональность дома.

2. Обеспечение безопасности. Капитальный ремонт направлен на устранение физического износа конструкций и инженерных систем, что напрямую влияет на безопасность жителей. Укрепление фундамента, ремонт кровли, замена электропроводки и систем пожарной безопасности предотвращают аварийные ситуации и обеспечивают долговечность здания.

3. Экономическая выгода. Энергоэффективные решения, внедряемые в ходе капремонта (утепление фасадов, установка современных окон и дверей, автоматизированные системы отопления, индивидуальные тепловые пункты), позволяют существенно снизить расходы на коммунальные услуги. Кроме того, своевременный капремонт предотвращает дорогостоящие аварийные ремонты в будущем и продлевает срок службы дома [5].

4. Повышение стоимости недвижимости. Обновленный и ухоженный дом с современными инженерными системами и улучшенным внешним видом становится более привлекательным для покупателей и арендаторов. Это, в свою очередь, повышает стоимость недвижимости в целом.

5. Социальная значимость. Капитальный ремонт способствует созданию комфортной и безопасной среды проживания, что положительно сказывается на здоровье и благополучии жителей. Благоустройство придомовой территории, создание безбарьерной среды для маломобильных граждан и модернизация детских площадок также способствуют улучшению качества жизни в доме [6].

В последнее время приобретает особую актуальность комплексный подход и синхронизация программ проведения капитального ремонта и благоустройства дворовых территорий. Одновременное проведение работ по капитальному ремонту дома и благоустройству дворовой территории позволяет комплексно обновить жилую среду, создав комфортное и гармоничное пространство как внутри дома, так и за его пределами. Синхронизация позволяет оптимизировать затраты на строительные работы, логистику и утилизацию отходов. Проведение работ в два этапа (сначала капитальный ремонт, потом благоустройство) увеличивает период дискомфорта для жителей, связанного с шумом, грязью и ограничениями в передвижении. Синхронизация позволяет сократить этот период. Если сначала выполнить капремонт, а затем благоустройство, то при последующих работах по ремонту дома могут быть повреждены элементы благоустройства (например, газоны, дорожки, элементы озеленения). Синхронизация позволяет избежать этого. Одновременное планирование и проведение работ требует

тесного взаимодействия между различными подрядчиками, ресурсоснабжающими и управляющими организациями, органами местного самоуправления. Это способствует повышению эффективности управления проектом и снижению рисков.

Контролировать выполнение работ по капремонту – полное право собственников помещений в доме. На любой стадии проведения работ, при выявлении некачественного проведения капремонта, при нарушении прав собственников, необходимо обращаться к заказчику (Фонду содействия реформированию ЖКХ Белгородской области) капитального ремонта. Все контактные телефоны ответственных за проведение капремонта организаций, в обязательном порядке содержатся на информационном стенде, размещенном на фасаде дома.

В целях организации и проведения капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов сотрудники администрации города Белгорода на каждом многоквартирном доме, подлежащему капитальному ремонту в отчетном году, организуют и проводят встречи с жителями с привлечением управляющих компаний, в ходе которых доводится информация о необходимости утверждения на ОСС видов и объемов работ.

Ежегодно администрация города сталкивается с проблемой предоставления управляющими организациями и жителями некорректных данных в части объемов планируемых работ.

Данная проблема возникает в связи:

- с отсутствием квалифицированного персонала в управляющих организациях, способного корректно измерить физические объемы конструктивных элементов дома для составления анкет и актов мониторинга технического состояния дома;
- с недостаточным финансированием капитального ремонта, вследствие чего предоставляются в администрацию намерено заниженные объемы;
- с непредоставлением доступа для выполнения работ по замене инженерных систем (стояков) в связи, с чем вызвана необходимость корректировать объемы.

Предлагаемые пути решения данной проблемы:

1. Необходимо привлекать сотрудников Фонда для участия в собраниях с целью разъяснения необходимости утверждения видов и объемов работ.

2. Необходимо заранее закрепить за домами куратора по строительному контролю для оказания содействия измерения объемов работ.

3. Привлекать стороннюю организацию для определения объемов работ, однако, лимит капитального ремонта на дом уменьшится.

Таким образом, в заключении можно сделать вывод о том, что все существующие методы и механизмы проведения капитального ремонта направлены на повышение комфорта проживания жителей, социальное благополучие, а также обеспечение безопасной эксплуатации многоквартирного дома как со стороны самих жителей, так и со стороны управляющей организации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Косухин М.М., Погорелова А.И., Косухин А.М. Совершенствование механизмов подготовки и проведения капитального ремонта жилищного фонда IX Международная научно-практическая конференция «Наука и инновации в строительстве»: сб. докл., Белгород, 15 апреля 2025 г. Белгород: Изд-во БГТУ, 2025. С. 195-199.

2. Косухин М.М., Скороходов К.Р., Косухин А.М., Богачева М.А. Роль состояния жилищно-коммунального комплекса в обеспечении устойчивого развития муниципальных образований Белгородской области. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 11. С. 212-218.

3. Перечень работ и (или) по капитальному ремонту общего имущества в многоквартирном доме, оказание и (или) выполнение которых финансируются за счет средств фонда капитального ремонта / Установлен Законом Белгородской области «О создании системы финансирования капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах Белгородской области» от 31 января 2013 года № 173.

4. Косухин М.М., Косухин А.М., Шарапов О.Н., Богачева М.А. Вопросы энергосбережения в условиях устойчивого функционирования, модернизации и развития жилищного фонда. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С.51-61.

5. Косухин М.М., Косухин А.М. К вопросу о роли процессов теплопередачи в повышении эффективности тепловой защиты фасадной изоляции гражданских зданий // Строительство: новые технологии - новое оборудование. 2018. № 10. С. 14-19.

6. Современные материалы для реализации государственной программы «Доступная среда» / М.М. Косухин, А.М. Косухин, А.В. Сватных, А.В. Кузнецов // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов III Международной научно-практической конференции к 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019. С. 156-161.

Еремин В.О., студент,
Моторыкина А.А., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Дрокин С.В.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СПОСОБЫ УСИЛЕНИЯ ЗОН ПРОДАВЛИВАНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

Усиление строительных конструкций необходимо в двух случаях. Во-первых, при эксплуатации появляются дефекты и повреждения, снижающие несущую способность конструкций и узлов их сопряжения. В этом случае метод усиления выбирают по характеру и размеру дефектов, а проектирование элементов усиления и их сечений осуществляется через расчет, принимающий во внимание остаточную несущую способность исходной конструкции и приложенные нагрузки.

Так же при надстройке, реконструкции, переустройстве помещений, замене оборудования и т.п. зачастую увеличиваются нагрузки на конструкции, при этом необходимость усиления определяется расчетом реальной несущей способности с учетом фактических размеров сечений, свойств материалов и наличия дефектов, и сравнивается с ожидаемыми усилиями [1].

Особо ответственной зоной монолитного перекрытия является узел опирания плиты на колонну, требующий расчета на продавливание [2]. Разрушение конструкции из-за продавливания обладает хрупким характером, что является опасным фактором.

Существует несколько основных способов усиления. При использовании любого из них, нужно учитывать различные конструктивные и технологические факторы.

Первый вариант усиления – установка в сквозные отверстия предварительно напряженной поперечной арматуры (рис. 1). При этом способе усиления расчет несущей способности узла следует производить как для обычной арматуры без учета предварительного напряжения [2].

Также усиление железобетонных элементов возможно реализовать путем вклейки поперечной арматуры, ориентированной под углом 45° к плоскости плиты (рис. 2) [4].

В ситуациях, когда дополнительное поперечное армирование не обеспечивает требуемого запаса по несущей способности, переходят к более кардинальному решению – устройству железобетонных рубашек

(рис. 3). При использовании данного метода особое внимание должно уделяться обеспечению совместной работы нового и старого бетона.

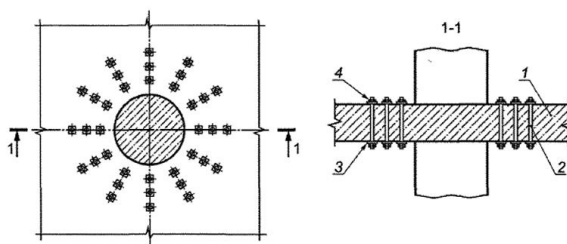


Рис. 1. Схема усиления плит с помощью дополнительной поперечной арматуры:
1 – усиливаемая плита; 2 – резьбовые шпильки; 3 – шайба; 4 – гайка

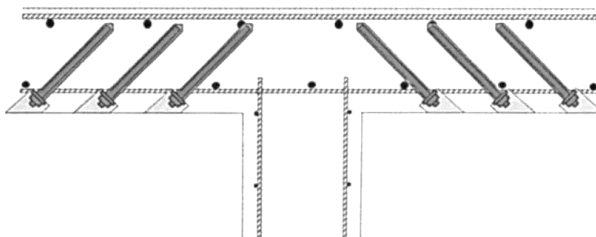


Рис. 2. Схема усиления плит дополнительной вклеенной поперечной арматурой, ориентированной под углом 45° к плоскости плиты

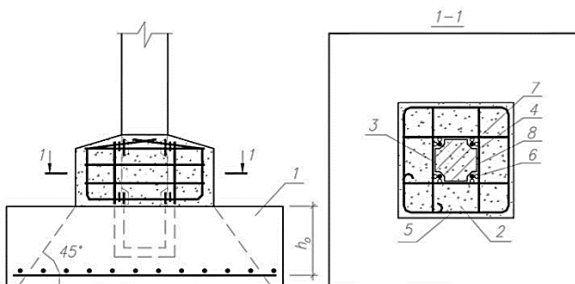


Рис. 3. Схема усиления плит устройством железобетонной рубашки:
1 – усиливаемая плита; 2 – бетонные обоймы; 3 – колонна;
4 – арматура обоймы; 5 – окаймляющая арматура; 6 – коротышки; 7 – оголенная арматура колонны; 8 – насечка поверхности

Так же в практике строительства часто применяют усиление с помощью устройства металлических капителей (рис. 4) [6]. Данный способ не уменьшает полезной площади этажа, однако, необходимо обеспечить требуемую огнестойкость конструкций усиления.

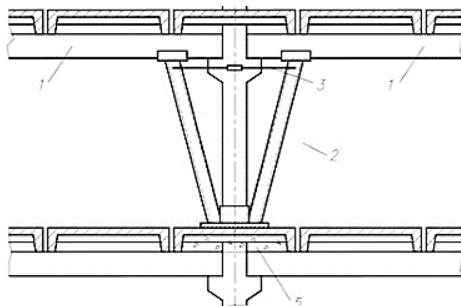


Рис. 4. Усиление конструкции дополнительной жесткой опорой в виде подкосов у опоры: 1 – усиливаемая плита; 2 – подкос; 3 –затяжка; 4 – клиновидные прокладки; 5 – заполнение бетоном

Возможно усиление рассматриваемого узла посредством подведения новых опор под плиту перекрытия (рис. 5) с уменьшением нагрузки на колонну. При этом необходимо обеспечить достаточную прочность и жесткость новых опор [5].



Рис. 5. Установка стальных капителей усиления зон продавливания

Способов усиления узла опирания монолитных железобетонных плит на колонны достаточно много. Выбор конкретного способа усиления зависит от технических возможностей строительной организации, расположения усиливаемого узла и других факторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 349-1325800-2017. Конструкции бетонные и железобетонные правила ремонта и усиления: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской

Федерации от 12 декабря 2017 г. № 1647/пр: дата введения 13-06-2018. - М: Госстрой России, 2018. - 102 с.

2. Евстифеев В.Г. Железобетонные и каменные конструкции. В 2 ч. Ч. 1. Железобетонные конструкции: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / В. Г. Евстифеев. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 432 с.

3. Информационное моделирование в технической диагностике и зданий и сооружений: учебное пособие / Л. А. Сулейманова, С.М. Есипов, П. А. Амелин. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2023. - 134 с.

4. Дефекты монтажа, методы устранения, надежность и долговечность строительных конструкций: монография / В. Э. Абсиметов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2021. – 222 с.

5. Обследование и испытание зданий и сооружений: Учеб. Для вузов/ В.Г. Казачек, Н.В. Нечаев, С.Н. Нотенко и др. Под ред. В. И. Римшина. – М.: Высш. Шк., 2004. – 447 с.: ил.

6. Смоляго, Г. А. Прочность на продавливание монолитной железобетонной плиты перекрытия с дефектами строительства, опирающейся на металлические колонны с различной формой капителей / Г. А. Смоляго, Н. В. Фролов, С. В. Дрокин // Инженерные системы и сооружения. – 2025. – № 1(59). – С. 68-80.

Истомин Д.Н., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Фролов Н.В.

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ДЕФЕКТЫ И ПОВРЕЖДЕНИЯ КРУПНОБЛОЧНЫХ ЗДАНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЧС

После чрезвычайных ситуаций (ЧС) в крупноблочных зданиях могут возникать различные дефекты, которые затрагивают как несущие, так и ограждающие конструкции. Характер и степень повреждений зависят от типа ЧС (землетрясение, взрыв, наводнение) и качества строительства:

1. Дефекты, вызванные землетрясениями - повреждения при землетрясениях возникают из-за динамических нагрузок, вызывающих деформации и колебания конструкций, к таким относятся:

Трещины в стенах. Это один из самых распространенных видов повреждений. Они могут быть:

– диагональными. Возникают в результате сдвиговых деформаций, особенно вблизи оконных и дверных проемов, где стены ослаблены (рис. 1);

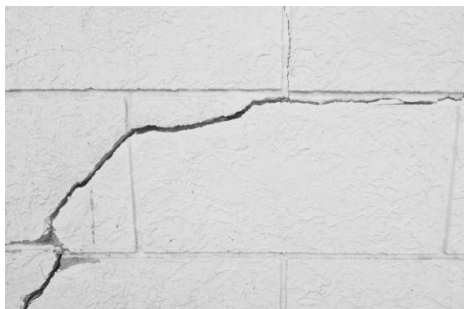


Рис. 1. Диагональная трещина

— горизонтальными и вертикальными. Образуются по швам между блоками из-за раскачивания здания. Ширина трещин может варьироваться от волосяных до раскрытия в несколько сантиметров (рис. 2).



Рис. 2. Горизонтальная и вертикальная трещина

Разрушение межблочных швов. Растворные швы, соединяющие крупные блоки, могут разрушаться, рассыпаться или вымываться, что приводит к разгерметизации и снижению прочности всей конструкции (рис. 3).



Рис. 3. Заделка межблочных швов

Смещение блоков. При сильных колебаниях блоки могут сдвигаться относительно друг друга, особенно в верхних этажах, где амплитуда колебаний выше. Это может привести к нарушению геометрии стен и даже обрушению фрагментов.

Повреждение узлов соединения. Металлические связи (закладные детали, сварные швы), соединяющие блоки и перекрытия, могут деформироваться, разрываться или подвергаться коррозии из-за влаги, что ослабляет общее сцепление.

Деформация перекрытий. В плитах перекрытия могут образовываться наклонные трещины, что очень сильно влияет на дальнейшую эксплуатацию (рис. 4).



Рис. 4. Деформация перекрытий

Разрушение не несущих элементов. Из-за вибраций осыпается штукатурка, разрушаются отделочные слои, вылетают оконные стекла.

2. Дефекты, вызванные взрывами - взрывная волна оказывает мгновенное и мощное давление, что приводит к разрушениям, характер которых зависит от мощности и расположения взрыва.



Рис. 5. Локальное разрушение здания

Локальные разрушения. Возникают в зоне действия взрывной волны. Это могут быть проломы в стеновых блоках, обрушение отдельных участков стен и перекрытий (рис. 5).

Разгерметизация швов. Ударная волна вызывает отслоение раствора в швах и нарушение герметичности, что делает здание уязвимым для влаги.

Обрушение конструкций. При взрыве газа внутри помещения может произойти прогрессирующее обрушение, когда разрушение одного элемента (например, одной стены) приводит к последовательному обрушению соседних (рис. 6).



Рис. 6. Обрушение конструкций здания

Повреждение оконных и дверных проемов. Взрывная волна легко выбивает оконные рамы, стекла и дверные полотна, что создает дополнительную опасность для людей.

Трещины и деформации. Даже при отсутствии прямого разрушения, взрывная волна может вызвать появление многочисленных трещин в стенах и перекрытиях.

3. Дефекты, вызванные наводнениями и затоплениями - длительное воздействие воды вызывает не столько мгновенные, сколько постепенные и комплексные повреждения, к таким относятся:

Размыв грунта. Подмыв грунта под фундаментом приводит к неравномерной осадке здания, что вызывает деформации, трещины в стенах и может привести к обрушению.

Разрушение фундаментов. Фундаменты могут разрушаться из-за набухания грунта, а также при резком отступлении воды.

Увлажнение и коррозия. Влага проникает в толщу стен, вызывая:

Коррозию металлических закладных деталей. Это один из самых опасных дефектов, так как ослабляет соединение между блоками.

Разрушение бетона. Циклы замораживания и оттаивания воды в порах бетона приводят к его разрушению.

Нарушение теплоизоляции. Утеплитель в стеновых блоках (особенно минеральная вата) теряет свои свойства при намокании, что приводит к повышению теплопотерь.

Повреждение отделки. Повышенная влажность приводит к отслоению штукатурки, вздутию краски и появлению плесени.

Деформация конструкций. Влага вызывает разбухание и деформацию деревянных элементов (если они есть), а также может влиять на прочность и долговечность бетона.

4. Общие дефекты, вызванные различными ЧС:

Пожары: Высокие температуры ослабляют прочность бетона и арматуры, что приводит к трещинам, отслоению защитного слоя и разрушению конструкций.

Неравномерные осадки: Любые ЧС, нарушающие целостность грунтов под зданием, могут привести к неравномерным осадкам, что является одной из главных причин аварийного состояния крупноблочных зданий.

Скрытые дефекты: После ЧС могут проявиться скрытые дефекты строительства, такие как некачественная сварка, недостаточное армирование или плохое заполнение швов, которые не были заметны до этого.

Каждый вид дефекта можно отнести к трем видам: особо опасные, менее опасные и не опасные, что представлено в табл. 1.

Таблица 1

Категории дефектов

Категория	Вид дефекта	Признаки	К чему приводят
Особо опасные	Сквозные/ широкие трещины	ширина >5 мм или заметное смещение поверхностей (>10–20 мм)	потеря несущей способности, развитие обрушения
	Смещение/раскрытие с	сдвиг >20 мм, видимая потеря контакта/ продувание	нарушение совместной работы конструкции, локальное обрушение
	осадка фундамента/ наклон здания	перекосы дверей/окон, ступенчатые трещины в углах, смещение >20–30 мм	утрата общей устойчивости
Менее опасные	Обнажение арматуры с интенсивной коррозией на несущих элементах	потеря сечения арматуры >20 %, обширные отколы бетона	снижение несущей способности
	Прогиб/деформация плиты перекрытия или балкона	визуальный прогиб, трещины около сопряжений,	обрушение плиты/балкона
	Падение/ опасность падения навесной облицовки или элементов отделки	трещины у креплений, люфт, выпавшие фрагменты	травмы, разрушение элементов фасада
	Обнажение арматуры с интенсивной коррозией на несущих элементах	ржавые подтеки	снижение несущей способности, дальнейшее разрушение
	Прогиб/деформация плиты перекрытия или балкона	прогиб >10–20 мм	обрушение плиты/балкона
	Расслоение/утрата герметичности швов	промерзание/ пятна влаги	ускоренная коррозия арматуры и ухудшение сцепления шва при длительном воздействии
Неопасные	Расслоение/утрата герметичности швов	продувание через швы, течи	ускоренная коррозия арматуры и ухудшение сцепления шва при длительном воздействии
	Небольшие поверхностные трещины (штукатурка, облицовка)	ширина <1–2 мм, поверхностный характер, не затрагивают армирования элементов	косметический /местный; при отсутствии проникновения воды – низкий

Меры по восстановлению:

1) Временные меры (аварийные): подсоски/стойки, наружные/внутренние пространственные стяжки, перенос нагрузки, временная разборка выступающих частей, ограждение зоны.

2) Ремонт швов между блоками: очистка швов, инъектирование полиуретановыми/эпоксидными составами, устройство новых уплотнений и герметизация, восстановление гидроизоляции.

3) Закрытие и инъектирование трещин: эпоксидные или полиуретановые инъекции для восстановления прочности и водонепроницаемости.

4) Усиление элементов: стяжки/анкеровка, установка металлических накладок/пластин, обертывание композитными материалами – по расчету.

5) Восстановление бетона: протравка ржавчины, антикоррозионная обработка арматуры, заполнение сколов и устройство ремонтных слоев цементными/полимерцементными составами.

6) Подошва/фундамент: инъектирование для подъема/уплотнения, устройство ростверков/подпорок, усиление подошвы.

7) Замена элементов: демонтаж поврежденных панелей и установка новых или капитальная реконструкция секции – по проекту.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дефекты и повреждения строительных конструкций. Методы и приборы для их количественной и качественной оценки / Р. Г. Касимов; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2016. – 109 с. ISBN 978-5-7410-1806-4 (дата обращения 19.10.2025г.)

2. Фролов Н.В., Дрокин С.Н. Дефекты и повреждения строительных конструкций, Белгород 2025.

3. Фролов Н.В., Дрокин С.Н. Основы обследования технического состояния зданий и сооружений, Белгород 2024.

4. Методические указания «Обследование каркасных зданий и сооружений для обеспечения их безопасности при эксплуатации» А.И. Шеин, А.В. Сесин; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 32 с. (дата обращения 25.10.2025г.)

5. Попова А.С., Фролов Н.В. Методы усиления каменных конструкций и зданий // В сборнике: IX Международный студенческий строительный форум – 2024. Сборник докладов форума. Белгород 2024 С.65-69.

6. Фролов Н.В., Найденов С.Л. Классификация категорий технического состояния строительных конструкций, зданий и сооружений по нормативным документам РФ // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. Белгород 2022. С.272-275.

Кувшинова А.С., студент,
Евдокимов А. Ю., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Фролов Н.В.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ СТАЛИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Металлические конструкции являются основой современного строительства, машиностроения, энергетики и транспортной инфраструктуры. Основным конструкционным материалом для таких сооружений является сталь, обладающая высокой прочностью, пластичностью и технологичностью.

В процессе эксплуатации металлические конструкции подвергаются воздействию различных факторов: переменных нагрузок, коррозионных процессов, температурных колебаний, механических повреждений и усталостных явлений. Со временем это приводит к снижению прочностных характеристик стали и возникновению дефектов, которые могут стать причиной выхода из строя конструкции.

Методы контроля прочности стали позволяют выявить скрытые дефекты, оценить степень повреждения материала и спрогнозировать его дальнейшую работоспособность. Существует широкий ряд способов для определения прочности стали: вырезание пластины и ее дальнейшее испытание, структурный анализ стружки в лаборатории, испытание по методу Бринелля (рис. 1).



Рис. 1. Методы определения прочности стали: а – испытание пластины; б – структурный анализ стружки; в – испытания по методу Бринелля

Метод вырезания пластины относится к числу разрушающих способов определения прочности стали эксплуатируемых металлических конструкций. Его суть заключается в том, что из исследуемого элемента конструкции вырезается небольшой образец в виде пластины, который затем подвергается механическим

испытаниям. Такой подход позволяет получить достоверные данные о текущих прочностных характеристиках материала, с учетом влияния условий эксплуатации – коррозии, усталостных повреждений и термических воздействий. После вырезания пластины выполняются стандартные испытания на растяжение. В процессе нагружения образца фиксируются предел прочности, предел текучести, относительное удлинение и другие параметры, характеризующие механическое состояние стали. Данные показатели сравниваются с нормативными значениями для данного класса стали.

Главным преимуществом метода является высокая точность результатов, поскольку исследуется непосредственно эксплуатируемый металл, а не аналогичные эталонные образцы. Это обеспечивает более объективную оценку фактических свойств конструкции и позволяет учитывать влияние реальных условий работы. Однако существенным недостатком является локальное нарушение целостности конструкции, связанное с вырезанием материала.

В современных условиях метод вырезания пластины используется ограниченно и, как правило, в случаях, когда необходимо получить максимально достоверные данные о прочности стали.

Структурный анализ стружки является одним из косвенных методов оценки прочностных свойств стали, применяемых при технической диагностике эксплуатируемых конструкций. Суть метода заключается в том, что с поверхности элемента конструкции вырезается или снимается небольшой слой металла в виде стружки, который затем используется в качестве образца для металлографических исследований. Такой способ позволяет минимизировать повреждения объекта и при этом получить информацию о состоянии металла непосредственно в эксплуатируемой конструкции.

Исследование стружки проводится после ее подготовки: шлифовки, полировки и химического травления для выявления микроструктурных особенностей. Под оптическим или электронным микроскопом фиксируются параметры фазовый состав, наличие карбидных выделений и неметаллических включений. Эти характеристики напрямую связаны с прочностными свойствами стали: мелкозернистая структура указывает на повышенную прочность и вязкость, тогда как крупнозернистая или неоднородная структура свидетельствует о снижении прочности и усталости металла.

Метод исследования стружки позволяет выявить процессы деградации материала в эксплуатации и спрогнозировать ее дальнейшую эксплуатационную надежность. Преимуществом структурного анализа является минимальное вмешательство в целостность конструкции. Однако точность метода во многом зависит

от правильности отбора стружки и качества ее подготовки к исследованию.

Метод Бринелля является одним из наиболее распространенных способов определения прочностных характеристик стали и других металлов. Он основан на измерении твердости материала, которая тесно связана с его прочностью. Данный метод был предложен шведским инженером Ю. А. Бринеллем в 1900 г. и быстро получил широкое применение благодаря своей простоте и наглядности.

Сущность метода заключается в вдавливании закаленного стального или твердосплавного шарика определенного диаметра (обычно 2,5–10 мм) в поверхность исследуемого образца при помощи пресса. Под действием заданной нагрузки на поверхности материала образуется отпечаток сферической формы. После снятия нагрузки диаметр отпечатка измеряется с высокой точностью при помощи микроскопа или другого измерительного прибора. Показатель твердости по Бринеллю рассчитывается как отношение приложенной нагрузки к площади поверхности отпечатка.

К достоинствам метода относятся простота выполнения, универсальность и возможность применения для крупных деталей и конструкций. Недостатками являются сравнительно высокая нагрузка на образец, необходимость в гладкой поверхности для испытаний и ограничение по толщине материала. Несмотря на наличие более современных способов измерения твердости (методы Роквелла, Виккерса и др.), метод Бринелля остается одним из базовых и широко применяемых при контроле прочности стали.

Все перечисленные методы контроля прочности стали в эксплуатируемых конструкциях являются важнейшим инструментом обеспечения надежности и безопасности строительных объектов и сооружений. Их применение позволяет своевременно выявлять снижение прочностных характеристик материала под действием эксплуатационных нагрузок, усталости, коррозии и других факторов.

Таким образом, выбор оптимального метода контроля должен основываться на условиях эксплуатации, типе конструкции и требуемой точности диагностики. Применение комплекса методов позволяет повысить достоверность оценки состояния материала, продлить срок службы конструкций и снизить риск аварийных ситуаций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. М., 2004.
2. ГОСТ Р 54257 – 2010. Надежность строительных конструкций и оснований.

3. Махова П. А., Дрокин С. В. Недостатки расчета строительных конструкций по методу предельных состояний. Сборник докладов Международной научно-практической конференции. Белгород, 2023 – 390 – 392 с.

4. Горицкий В.М. Диагностика металлов. М.: Metallurgizdat, 2004. 408 с.

5. Кудишин Ю. И., Беленя Е.И., Игнатьев В.С., Пуховский А.Б. Металлические конструкции. - 13-е изд. - Академия, 2011. - 688 с.

6. Гроздов, В.Т. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений /В.Т. Гроздов. СПб.: 2001.

7. Методы обследования металлических, железобетонных и каменных конструкций / Р. Ю. Якубовский, И. А. Буланов, И. А. Олипер [и др.]. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2015. – № 23 (103). – С. 283-287.

Кувшинова А.С., студент

Научный руководитель: ст. преп.

Пириев Ю.С.

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ

Современное строительство предъявляет все более высокие требования к прочности, долговечности и энергоэффективности конструкций. Рост высотности зданий, увеличение пролетов мостов, а также эксплуатация сооружений в агрессивных средах требуют применения материалов нового поколения. В этих условиях особое внимание привлекают высокопрочные бетоны, обладающие повышенной прочностью, плотностью и стойкостью к внешним воздействиям.

Высокопрочным бетоном принято считать бетон с классом прочности не ниже В60. Повышенные физико-механические характеристики достигаются за счет применения маловодных смесей, суперпластификаторов, микронаполнителей (кремнеземной пыли, метакаолина), а также оптимизации гранулометрического состава заполнителей.

Высокопрочные бетоны отличаются высокой прочностью на сжатие, высокой выносливостью на сжатие и растяжение, высокой плотностью, морозостойкостью, долговечностью, износостойкостью,

водо- и газопроницаемостью, устойчивостью к агрессивным химическим воздействиям, низкой пористостью. Также такой бетон обладает повышенным антикоррозионной защиты арматуры. Эти свойства бетона обеспечивает их стойкость к коррозионным воздействиям и снижает водопоглощение. Современные технологии позволяют получать ультравысокопрочные бетоны с прочностью более 150 МПа, что открывает новые возможности для тонкостенных и легких конструкций. Использование высокопрочных бетонов в железобетонных конструкциях требует корректировки проектных подходов. Основная особенность высокопрочных бетонов – повышенная хрупкость, что ограничивает их применение без надлежащего армирования. В этой связи активно развиваются решения с применением высокопрочной или композитной арматуры (стеклопластиковой, базальтовой, углеродной).

Для конструкций из высокопрочных бетонов особое значение имеет обеспечение трещиностойкости и деформационной совместимости. В проектах все шире используется предварительное напряжение, позволяющее эффективно использовать высокие прочностные характеристики бетона.

С технологической точки зрения, производство высокопрочных бетонов требует строгого контроля состава, температуры и режима твердения. Перспективным направлением является применение самоуплотняющихся высокопрочных бетонов, позволяющих повысить качество поверхности и сократить трудоемкость укладки.

Долговечность конструкций также определяется устойчивостью арматуры к коррозии. В этом контексте перспективным применение некорродирующих композитных стержней и защитных покрытий, повышающих срок службы железобетонных элементов.

Наибольший эффект от применения высокопрочных бетонов наблюдается в тех областях строительства, где предъявляются повышенные требования к несущей способности, жесткости и долговечности конструкций при одновременном снижении массы и габаритов элементов. Использование ВБ позволяет существенно уменьшить размеры сечений, сократить расход арматуры и цемента, а также повысить долговечность сооружений в неблагоприятных эксплуатационных условиях.

Высокопрочные бетоны широко применяются при возведении высотных и сверхвысотных зданий, где масса конструкций и пространственная жесткость играют ключевую роль. Использование бетонов класса В80–В100 в монолитных каркасах позволяет значительно снизить собственный вес несущих элементов и уменьшить размеры колонн и ригелей без потери прочности. Это увеличивает полезную площадь помещений и снижает нагрузку на фундамент.

Одним из наиболее перспективных направлений является использование высокопрочных бетонов в мостовых конструкциях, особенно в предварительно напряженных элементах. Благодаря высокой прочности и модулю упругости такие бетоны позволяют перекрывать большие пролеты при уменьшенной высоте балок и плит. Это ведет к снижению материалоемкости и увеличению экономической эффективности строительства.

Высокопрочные бетоны открывают широкие возможности для архитектурных и инженерных решений, связанных с тонкостенными элементами – куполами, оболочками, сводами и пространственными плитами. Благодаря сочетанию высокой прочности и трещиностойкости можно создавать изящные конструкции сложной формы с минимальной толщиной (30–50 мм), сохраняющие высокую несущую способность. Такие решения часто используются при возведении спортивных арен, выставочных комплексов и объектов транспортной инфраструктуры.

Высокопрочные бетоны открывают новые перспективы для развития железобетонных конструкций, обеспечивая сочетание высокой прочности, долговечности и архитектурной выразительности. Их использование способствует снижению материалоемкости и увеличению срока службы сооружений.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на совершенствование технологий производства, повышение трещиностойкости, разработку экономически эффективных составов и адаптацию нормативных документов к особенностям высокопрочных бетонов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 26633–2015. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. – Введ. 2016-07-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 28 с.
2. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. – М.: Минстрой России, 2018. – 156 с.
3. Смоляго Г.А. Проектирование несущих конструкций многоэтажного каркасного здания: Учеб. пособие /Смоляго Г.А., Дронов В.И. – Белгород: Из-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015.
4. Голышев, А.Б. Проектирование железобетонных конструкций: справочное пособие/ Под ред. А.Б. Голышева, – Киев: Будівельник, 1990. –544с.
5. Байков, В.Н. Железобетонные конструкции: общий курс/ В.Н. Байков., Э.Е. Сигалов – М.: Стройиздат, 1991.
6. Фролов Ю. В., Соловьев В. А. Современные технологии получения высокопрочного бетона // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15, № 8. – С. 1024–1033.

Кутоманова В.В., студент

**Научный руководитель: канд. техн. наук, ст. преп.
Рябчевский И.С.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРОВЕДЕНИЕ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА В РЕЗУЛЬТАТЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ С УЧЕТОМ ПОВЫШЕНИЯ КОМФОРТНОСТИ ЖИЛЬЯ

Современный мир характеризуется растущей уязвимостью городской среды перед воздействием чрезвычайных ситуаций различного характера. Чрезвычайные ситуации природного и техногенного происхождения, а также боевые действия наносят значительный и часто необратимый ущерб объектам городской застройки, включая жилые здания, объекты социальной инфраструктуры, инженерные коммуникации и совокупность инженерных сетей, поддерживающих жизнедеятельность городских сообществ [1]. Актуальность проблемы эффективного управления процессами восстановления и капитального ремонта поврежденных жилых комплексов определяется двумя взаимосвязанными факторами. Во-первых, наблюдается устойчивая тенденция к увеличению числа чрезвычайных происшествий различного характера и расширению географии зон, подвергающихся воздействию таких событий. Во-вторых, существует качественный сдвиг в ожиданиях населения относительно качества предоставляемых жилищно-коммунальных услуг и уровня комфорта проживания после проведения восстановительных работ.

Возникшая ситуация требует переосмысления и существенной трансформации подходов к управлению процессами восстановления пораженных объектов. Современная практика управления капитальным ремонтом и реконструкцией жилых комплексов в зонах, подвергшихся воздействию чрезвычайных ситуаций, природных бедствий и обстрелов, сталкивается с рядом серьезных и системных трудностей. При этом многие традиционные подходы, накопленные в практике «мирного» капитального ремонта жилого фонда, оказываются недостаточно эффективными либо вовсе неприменимы в столь специфичных и экстремальных ситуациях, которые характеризуются высокой степенью неопределенности, масштабностью разрушений и сжатыми сроками выполнения работ [2-5].

Ключевой проблемой в осуществлении восстановительных работ является несовершенство действующей нормативно-технической базы. Нормативная база, регулирующая проведение аварийно-восстановительных и капитальных ремонтных работ после чрезвычайных ситуаций и боевых действий, часто остается устаревшей и недостаточно гибкой для применения в реальных условиях современного кризиса. Действующие нормативные правила и стандарты определяют порядок проведения аварийно-восстановительных работ лишь для типовых, стандартизированных случаев повреждений, тогда как фактическая картина разрушений, возникающих при массированных обстрелах и техногенных катастрофах, часто кардинально отличается от предусмотренных типовых схем и сценариев. Типичный недостаток существующих нормативов заключается в критическом отсутствии четких и объективных критериев для выбора квалифицированных подрядчиков, установления реалистичных временных сроков проведения ремонтных работ, а также механизмов обеспечения гарантий качества, выполненных ремонтных и восстановительных работ.

Одним из наиболее критических недостатков существующего подхода к восстановлению является отсутствие комплексного и системного учета фактора комфортности проживания при планировании и реализации восстановительных работ. Традиционный подход часто ограничивается восстановлением базовых конструктивных элементов и обеспечением минимальных стандартов безопасности и эксплуатационной пригодности. Учет разнообразных и зачастую сложных потребностей жителей – улучшение звукоизоляции и теплозащиты, создание благоустроенных зеленых зон и озеленение прилегающих территорий, обеспечение доступности социальной инфраструктуры – остается слабым звеном в цепи текущих практик управления восстановлением.

Проблема недостатка квалифицированных кадров еще больше усугубляет ситуацию в сфере восстановления жилого фонда. Острая нехватка специальных профессиональных кадров и специалистов, обладающих реальным практическим опытом в восстановлении жилищных объектов после боевых действий, обстрелов и крупномасштабных техногенных катастроф, приводит к неизбежному замедлению темпов работ и снижению качества результатов. Отсутствие необходимого опыта и методологии у подрядчиков приводит к тому, что сроки завершения работ систематически затягиваются, финансовые затраты растут, а итоговый результат

зачастую оставляет желать лучшего с точки зрения соответствия потребностям жителей.

Для успешного восстановления поврежденных жилых домов после чрезвычайных ситуаций и боевых действий целесообразно применять комплексную схему действий, которая структурирована в виде трех основных последовательных этапов, каждый из которых требует специализированного подхода и методологии.

Этап 1: Предварительное комплексное обследование. На начальном этапе процесса восстановления проводится детальное комплексное изучение ущерба, нанесенного строительному объекту. Процедура обследования включает объективную и систематическую оценку степени разрушения всех конструктивных элементов: несущих и ненесущих стен, внутридомовых и междомовых перекрытий, кровельной системы, заполнения оконных и дверных проемов. Одновременно проводится оценка состояния всех внутридомовых и внутриквартирных инженерных коммуникаций, включая системы водоснабжения и водоотведения, электроснабжения, отопления и вентиляции. Результаты обследования документируются и становятся основой для разработки проектной документации [6].

Этап 2: Проектирование и разработка комплексного плана восстановительных работ. На втором этапе, на основе данных, полученных при обследовании, разрабатывается полный комплект проектной документации, включающий чертежи, схемы и технические спецификации, предусматривающие полное восстановление всех необходимых конструктивных и инженерных элементов здания. При разработке проектных решений критически важно систематически учитывать и анализировать потребности и ожидания будущих жильцов и обитателей восстанавливаемого комплекса [7].

Проектные решения должны обеспечивать адекватное количество жилых и вспомогательных помещений, необходимое для нормальной жизнедеятельности населения, создавать условия для надлежащего естественного освещения помещений. Особое внимание в проектировании должно уделяться качеству звукоизоляции, что особенно актуально для зон, находящихся в непосредственной близости от областей боевых действий. Проектные решения должны предусматривать удобную и функциональную планировку кухонных помещений и санузлов, отвечающих современным стандартам удобства и гигиены. Значительное внимание уделяется проектированию и совершенствованию систем входных подъездов, устройству

современных лифтовых систем и всех видов общедомовых инженерных коммуникаций.

Этап 3: Реализация и постоянный контроль качества. На третьем этапе подрядчик приступает к непосредственной реализации разработанного плана работ. Начинаются работы по ремонту фасадных конструкций и облицовок, замене кровельной системы, восстановлению внутренних перегородок и нанесению отделочных покрытий на внутренние поверхности помещений. Параллельно с конструктивными работами осуществляется монтаж новых трубопроводных систем для водоснабжения и водоотведения, прокладка и монтаж электропроводки и кабельных трасс, установка отопительных и вентиляционных систем [8].

На протяжении всего периода выполнения работ осуществляется постоянный и систематический мониторинг качества выполняемых ремонтных и восстановительных операций. Система контроля качества включает детальную проверку соответствия используемых строительных материалов заявленным техническим стандартам и нормативам, тщательное соблюдение установленного графика выполнения работ в соответствии с утвержденным проектным графиком, а также оперативное выявление и устранение возникающих конструктивных дефектов и ошибок еще на ранних стадиях строительно-монтажного процесса, до момента их консолидации и невозможности их дальнейшего исправления [9].

Особое и приоритетное внимание на всех этапах восстановления должно уделяться обеспечению комфортности и удобства проживания населения в восстанавливаемых зданиях. Это требует обеспечения продуманности архитектурных и конструктивных решений, применения экологически безопасных и чистых строительных материалов, гарантирующих безопасность для здоровья жителей, обеспечение удобства эксплуатации каждого конструктивного и инженерного элемента жилой конструкции и систем [10]. Применение такого комплексного и интегрированного подхода позволяет восстанавливать жилые объекты не просто формально, заменяя разрушенные элементы на новые, а создавать действительно комфортные, удобные и безопасные условия для жизнедеятельности пострадавших людей.

Для объективной и комплексной оценки уровня комфортности проживания после завершения работ по восстановлению жилого комплекса, пострадавшего вследствие боевых действий или массированных обстрелов, целесообразно разработать и применять

специальные критерии и методики, которые отражают специфику восстановительных работ и многообразие потребностей жильцов в условиях постконфликтной ситуации. Такие критерии должны охватывать технические характеристики конструкций и инженерных систем, социально-психологические аспекты проживания и потребности восстановления нормальной жизнедеятельности [11].

Для оценки комфортности проживания после восстановления жилого комплекса, пострадавшего вследствие боевых действий или обстрелов, целесообразно разработать специальные критерии, отражающие специфику восстановительных работ и потребностей жильцов [12]. Пример с такими критериями представлен в табл. 1.

Таблица 1

**Критерии комфортности жилья после проведения
капитального ремонта или восстановления жилья,
поврежденного в результате ЧС**

Критерий	Категория	Параметр
Комфорт	Внутренняя отделка помещений	Качество материалов отделки, эстетичность
	Энергоэффективность здания	Уровень теплоизоляции, энергоэффективность окон и дверей
	Инженерные системы	Эффективность отопления, водоснабжения, электроснабжения
	Шумоизоляция	Удовлетворенность жильцами уровнем шумоподавления
Безопасность	Противопожарная безопасность	Наличие современных пожарных сигнализаций, путей эвакуации
	Электробезопасность	Соответствие электропроводки современным стандартам
Архитектура и дизайн	Внешний вид дома	Оценка привлекательности фасада
	Эстетика интерьера подъезда	Современные решения внутренней отделки подъездов

Процесс восстановления жилых домов и сооружений после чрезвычайных ситуаций, боевых действий и техногенных катастроф принципиально отличается от обычного капитального ремонта и требует учета не только технических и конструктивных аспектов проведения работ, но и широкого спектра социальных факторов, влияющих на качество жизни населения. Таким образом, необходимость разработки новых методов и установления унифицированных стандартов, позволяющих быстро и эффективно проводить комплексный ремонт и реконструкцию поврежденных зданий без снижения качества результатов, становится стратегической задачей для развития строительной отрасли [12].

Разработка и реализация восстановительных программ должны быть направлены на создание удобных, безопасных и комфортных условий для жизни и деятельности людей после пережитых аварий и масштабных разрушений. Интеграция потребностей жителей в процесс проектирования и реализации восстановительных работ является не просто желательной, но необходимой предпосылкой для достижения долгосрочного социального восстановления и стабилизации в пострадавших регионах.

Управление процессом капитального ремонта и восстановления жилых комплексов после чрезвычайных ситуаций представляет собой одну из наиболее сложных и актуальных задач современного строительства. Существующая нормативно-техническая база нуждается в существенной доработке и адаптации к условиям современности, включая разработку гибких методологий, способных учитывать вариативность характера разрушений и специфику местных условий. Предложенная трехэтапная модель управления восстановлением, основанная на комплексном обследовании, профессиональном проектировании и систематическом контроле качества, обеспечивает основу для организованного и эффективного восстановления жилого фонда.

Интеграция критериев комфортности в процесс восстановления обеспечивает возможность создания не просто восстановленных, но действительно современных и удобных жилых пространств, отвечающих потребностям людей. Применение предложенной методологии оценки комфортности, охватывающей технические, безопасностные и дизайнерские аспекты, позволяет объективно оценивать качество выполненных работ. Дальнейшее развитие этого направления требует создания специализированных профессиональных кадровых ресурсов, совершенствования нормативной базы и внедрения инновационных технологий в процесс восстановления жилых комплексов, пострадавших от чрезвычайных ситуаций и боевых действий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рудковский, Д. И. Определение технического состояния конструкций для проектирования комплексного капитального ремонта здания / Д. И. Рудковский, Е. А. Шабанов // Проблемы строительного производства и управления недвижимостью: Материалы VI Международной научно-практической конференции. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2020. – С. 91-95.

2. Мавлюбердинов, А. Р. К вопросу решения проблем эксплуатации панельных зданий / А. Р. Мавлюбердинов, Р. Р. Богданов, Л. А. Сулейманова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2023. – № 11. – С. 46-53.

3. Современные материалы и технологии отделки фасадов при реконструкции и реновации жилого фонда / Л. А. Сулейманова, J. Fang, Н. В. Ширина [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2018. – № 11. – С. 21-31.

4. Черенков, А. Ю. Обследование технического состояния строительных конструкций на протяжении жизненного цикла здания / А. Ю. Черенков, Л. А. Сулейманова // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 250-255.

5. Римшин, В. И. Нейросетевое прогнозирование несущей способности железобетонных элементов на различных стадиях жизненного цикла / В. И. Римшин, П. А. Амелин, Л. А. Сулейманова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 11. – С. 42-55.

6. Лебедев, В. М. Технология ремонтных работ зданий и их инженерных систем / В. М. Лебедев: ООО "Научно-издательский центр Инфра-М", 2022. – 210 с.

7. Голиков, Г. Г. Реновация жилищного фонда на примере Центрального района в Г. Белгород / Г. Г. Голиков, А. Н. Зиятдинова, Н. С. Троицкий // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. – Том 1. – С. 194-200.

8. Меркулов, С. И. О формировании методики оптимизации планирования капитального ремонта жилых зданий на этапах эксплуатации и ремонта / С. И. Меркулов, С. М. Есипов, Г. Г. Голиков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2023. – № 5. – С. 62-70.

9. Кочеткова, Т. В. Информационное моделирование при реконструкции, техническом перевооружении и капитальном ремонте объектов капитального строительства / Т. В. Кочеткова // Современные инновации. – 2020. – № 3(37). – С. 59-61.

10. Ерофеев В.Т., Калашников В.И., Смирнов В.Ф., Карпушин С.Н., Родин А.И., Красноглазов А.М., Челмакин А.Ю. Стойкость цементных композитов на биоцидном портландцементе с активной минеральной добавкой в условиях воздействия модельной среды

бактерий // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 1. С. 11–17.

11. Недилько, В. М. Повышение энергоэффективности при капитальном малозатратном ремонте жилого дома в городе Барнауле / В. М. Недилько // Наука и молодежь: Материалы XXI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2024. – С. 112-115.

12. Сапранов, С. В. Основные проблемы развития региональной системы капитального ремонта многоквартирных домов / С. В. Сапранов // Избранные доклады 64-й университетской наудно-технической конференции студентов и молодых ученых: Сборник докладов. – Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. – С. 867-868.

Кутоманова В.В., студент

**Наудный руководитель: канд. техн. наук, ст. преп.
Рябчевский И.С.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА НА ПРИМЕРЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Капитальный ремонт многоквартирных домов является приоритетной задачей для любого региона России. Особую актуальность эта проблема приобретает в регионах, где уровень износа жилого фонда достиг критических отметок или жилые комплексы, подверглись повреждению вследствие чрезвычайных ситуаций. Белгородская обл., где уже длительное время проводятся масштабные работы по капитальному ремонту и восстановлению зданий, является показательным примером комплексного подхода к данной проблеме [1-3].

Текущая ситуация в Белгородской области, особенно в городе Белгороде, обусловила необходимость модернизации существующих процедур организации капитального ремонта жилья и разработки новых алгоритмов управления процессом восстановления поврежденного жилого фонда в результате чрезвычайных ситуаций. В ответ на эти

вызовы в 2024 г. администрацией г. Белгорода совместно с министерством жилищно-коммунального хозяйства Белгородской обл. разработан нормативный стандарт по организации и проведению общественной приемки оказанных услуг и выполненных работ по капитальному ремонту и восстановлению поврежденного жилья [4]. Данные алгоритмы представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

**Алгоритм организации по определению собственниками
помещений многоквартирных домов видов работ**

по капитальному ремонту и восстановлению поврежденного жилья

№	Исполнитель	Описание
1	Правительство Белгородской области	разработка и утверждение нормативно-правового акта регламентирующего процесс информирования всех участников общественной приемки выполненных работ (администрации города, министерство ЖКХ, депутатский корпус, управление государственного жилищного надзора)
2	Администрация города Белгорода	разработка программы капитального ремонта
3	Фонд содействия реформированию ЖКХ Белгородской области (далее – Фонд)	разработка предложений собственникам о проведении капитального ремонта; выдача предложений муниципалитету; участие в проведении общего собрания собственников помещений (далее – ОССП) по вопросу выбора видов работ по капитальному ремонту
4	Администрация города Белгорода	выдача предложений управляющим компаниям; разработка графика проведения ОССП по вопросу определения видов работ по капитальному ремонту; информирование собственников о проведении ОССП путем размещения объявлений на досках объявлений и уведомлений через почтовые ящики; оказание методической и консультационной помощи собственникам путем участия в общественных собраниях
5	Управляющая организация	приглашает индивидуально совет дома, либо старшего по дому к себе и информирует об особенностях выбора видов работ по капитальному ремонту
6	Фонд	разрабатывает проектно-сметную документацию; организует торги; заключает контракт на выполнение работ
7	Управляющая организация	разрабатывает график ОССП по вопросам проведения капитального ремонта; информирует собственников о проведении ОССП; участвует в проведении ОССП.
8	Фонд, администрация, управляющая организация, собственники	осуществляют мониторинг за ходом работ; формируют перечень недоработок; отправляют перечень недоработок в Фонд, подрядной организации

Таблица 2

**Алгоритм организации и проведения общественной приемки
оказанных услуг и (или) выполненных работ по капитальному
ремонту многоквартирных домов**

№	Исполнитель	Описание
1	Фонд	За 5 дней до общественной приемки оповещает о проведении общественной приемки оказанных услуг и (или) выполненных работ по капитальному ремонту многоквартирных домов (далее – Общественная приемка) участников посредством размещения информации на сайтах Фонда и министерства ЖКХ области направляет письма в адрес: администрации города Белгорода; подрядной организации; депутата по избирательному округу; управление государственного жилищного надзора области
2	Администрация города Белгорода	За 5 дней до общественной приемки информирует управляющую компанию о дате и времени проведения Общественной приемки; размещает уведомления в почтовых ящиках собственников; размещает объявление о проведении Общественной приемки в зонах информирования (доска объявлений, вход в подъезд, зона лифта и т.д.); размещает уведомления на официальных страницах структурных подразделений в социальных сетях
3	Управляющая организация	За 2 дня до общественной приемки обеспечивает доведение информации жителям многоквартирного дома посредством размещения сообщения в общедомовом чате
4	Фонд	осуществляет предварительный выезд на объект капитального ремонта для проверки качества и объемов выполненных работ; подготавливает проект протокола/акта по итогам проведения Общественной приемки
5	Участники общественной приемки	осуществляют осмотр результатов работ по капитальному ремонту (объем, качество в соответствии с условиями договора, проектной документации и иными документами)
6	Заинтересованные стороны	подписывают акт по итогам проведения Общественной приемки

Разработанные алгоритмы направлены на предотвращение нарушений при проведении капитального ремонта и восстановления поврежденного жилья. Система предусматривает постоянный мониторинг за ходом выполнения работ, осуществляемый совместно Фондом, администрацией, управляющими организациями и самими собственниками. Выявленные недостатки и недоработки фиксируются в специальных перечнях, которые направляются как Фонду, так и подрядной организации для своевременного устранения. Данный

подход позволяет предотвратить накопление дефектов и обеспечить качественное завершение работ в установленные сроки [5, 6].

Необходимость создания реестра недобросовестных подрядных организаций является логическим продолжением политики контроля качества. Любая просрочка или некачественное исполнение работ отрицательно сказывается на качестве жизни жильцов многоквартирных домов. Стратегическая задача состоит в предварительном информировании заказчиков о надежности потенциальных подрядчиков и исключении из торговых процедур организаций с неудовлетворительной историей выполнения контрактов.

Разработанная в Белгородской обл. система управления капитальным ремонтом и восстановлением жилого фонда демонстрирует эффективный подход к организации данного процесса на региональном уровне. Создание четких алгоритмов распределения ответственности, внедрение процедур общественной приемки и систем контроля качества обеспечивают прозрачность и эффективность использования средств. Процесс капитального ремонта и восстановления домов и сооружений после чрезвычайных ситуаций остается одним из важнейших вопросов современной строительной практики. Разработанные алгоритмы и создание реестра недобросовестных подрядных организаций являются основополагающим шагом в процессе модернизации капитального ремонта на территории всей страны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Меркулов, С. И. О формировании методики оптимизации планирования капитального ремонта жилых зданий на этапах эксплуатации и ремонта / С. И. Меркулов, С. М. Есипов, Г. Г. Голиков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2023. – № 5. – С. 62-70.

2. Черенков, А. Ю. Обследование технического состояния строительных конструкций на протяжении жизненного цикла здания / А. Ю. Черенков, Л. А. Сулейманова // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 250-255.

3. Римшин, В. И. Нейросетевое прогнозирование несущей способности железобетонных элементов на различных стадиях жизненного цикла / В. И. Римшин, П. А. Амелин, Л. А. Сулейманова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 11. – С. 42-55.

4. Белгородская область. Правительство Белгородской области. Постановление № 695-пп от 28.12.2024.

5. Голиков, Г. Г. Реновация жилищного фонда на примере Центрального района в г. Белгород / Г. Г. Голиков, А. Н. Зиятдинова, Н. С. Троицкий // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. – Том 1. – С. 194-200.

6. Чернышова О.И. Организационно-экономические механизмы реализации региональной программы капитального ремонта жилищного фонда Белгородской области // Научные труды Института экономики строительства. 2023. Вып. 1. С. 76–85.

**Моторыкина А.А., студент,
Шулепов Т.А., студент,
Еремин В.О., студент**

**Научный руководитель: ст. преп.
Салтанова Е.В.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АДАПТАЦИЯ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ ПОД СОВРЕМЕННЫЕ СОЦИАЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ

В условиях интенсивного роста городов и ограниченности городской территории все более актуальным становится вопрос рационального использования существующих ресурсов – исторических зданий, утративших первоначальную функцию. Снос подобных объектов нарушает целостность исторической городской среды и влечет за собой экологические последствия от утилизации строительных отходов и строительства нового здания. Наиболее эффективной альтернативой сносу здания является адаптация исторических зданий под социальные объекты [1-3].

В процессе перепрофилирования исторических зданий возникают следующие проблемы:

- несовпадения между расчетными возможностями старых зданий и актуальными нагрузками;
- необходимости соответствия современным строительным и санитарным нормам;
- необходимости сохранения архитектурного облика здания при интеграции современных инженерных систем;

– обеспечения современных требований пожарной безопасности.

Для решения обозначенных проблем необходимо использование комплексного предпроектного исследования, в ходе которого происходит анализ первоначальных чертежей и материалов предшествующих реконструкций, визуальная оценка состояния здания и его обмеры, инструментальное обследование конструкций здания (определение прочностных характеристик, выявление скрытых дефектов и др.) [4, 5], а также оценка состояния грунтов.

Исходя из результатов обследования здания, рассматривается вопрос несовпадения расчетных возможностей и актуальных нагрузок. На сегодняшний день наиболее оптимальным решением этой проблемы является усиление конструкций. Оно достигается за счет устройства армирующих поясов, установки дополнительных стальных или композитных каркасов, а также использование углеродных волокон для усиления конструкций [6].

Обязательной частью адаптации исторических зданий является удовлетворение требованиям к инсоляции, энергоэффективности, уровню шума, а также микроклимату помещения. Удовлетворение данным параметрам достигается за счет утепления конструкций здания, устройства приточно-вытяжной вентиляции, установки энергоэффективного остекления, не нарушающего исторический облик здания. Также, здание должно соответствовать требованиям обеспечения доступности для маломобильных групп населения.

Интеграция инженерных систем также требует тщательного проектирования. Так, например, монтаж отопления, водоснабжения и других систем осуществляется в скрытых нишах или за фальшстенами, а шахты и технические помещения выносятся за объем здания, при этом, не нарушая его облик [7].

Перепрофилирование объектов культурного наследия в социальные учреждения с массовым пребыванием людей предъявляет повышенные требования к обеспечению пожарной безопасности. Помимо соблюдения данных требований также необходимо сохранение архитектурно-художественной ценности здания, что достигается за счет применения современных перегородок и перекрытий, выполненных из огнестойких конструкций на основе гипсокартонных листов (ГКЛ), специальных огнезащитных панелей и профилей. Также в качестве защиты возможно использование огнезащитных покрытий, которыми обрабатываются несущие конструкции, например, огнестойкими штукатурками и красками.

В качестве успешного примера адаптации исторических зданий под современные социальные объекты можно рассмотреть остров «Новая Голландия», расположенный в Санкт-Петербурге (рис. 1).



Рис. 1. Остров «Новая Голландия» до и после реконструкции

Остров и комплекс зданий, включающих в себя «Дом коменданта», «Кузню», «Бутылку» (бывшую морскую тюрьму) и «Дом 12», превратился в современный культурный центр.

После реконструкции исторические здания получили новое функциональное назначение, так в бывшей кузнице расположены ресторан и кафе, в «Доме 12» располагаются общественные пространства, офисы. В ходе адаптации здания сохранили подлинность, но при этом наполнились современными инженерными решениями и полностью удовлетворяют современным строительным нормам и правилам.

На рис. 2 и 3 представлен процесс реставрации части зданий острова «Новая Голландия».

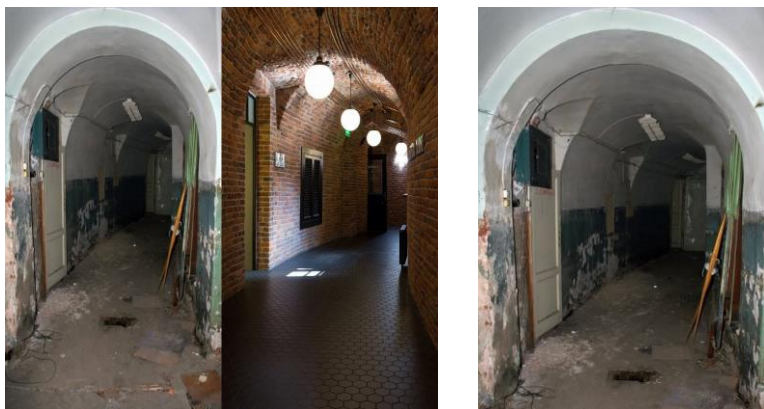


Рис. 2. Реставрация коридора «Бутылки»

За последние 10-15 лет в России было реализовано не менее 600-700 крупных проектов перепрофилирования исторических зданий, большая часть которых была направлена на реконструкцию зданий под социальные объекты.



Рис. 3. Реконструкция фасада кузницы на острове «Новая Голландия»

За последние 10-15 лет в России было реализовано не менее 600-700 крупных проектов перепрофилирования исторических зданий, большая часть которых была направлена на реконструкцию зданий под социальные объекты.

Согласно статистике, ежегодно в России реализуется от 50 до 100 проектов реновации исторической застройки. Перепрофилирование исторических зданий под социальные объекты позволяет создать уникальные общественные пространства, наполненные историей. Современные материалы и технологии позволяют эффективно решать проблемы, связанные с усилением конструкций, энергоэффективностью и безопасностью. Таким образом, сохранившиеся исторические здания могут быть ценным ресурсом в условиях современного развития городов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудрявцев А. П. Реконструкция исторической застройки в Европе и России: учебное пособие. – М.: Архитектура-С, 2018. – 312 с.
2. Фремpton К. Современная архитектура: Критический взгляд на историю развития. – М.: Стройиздат, 2020. – 456 с.
3. Иванова Е. Ю., Петров С. А. Современные технологии реставрации и приспособления объектов наследия. – СПб.: Коло, 2019. – 278 с.

4. Есипов С.М., Глабец П.А., Тарасов М.В. К вопросу проведения обследования конструкций зданий, подлежащих капитальному ремонту с целью определения действительного физического износа // Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова. – 2023. – С. 214-218.

5. Пириев Ю.С., Шептун К.Р. Оценка технического состояния реконструируемых зданий и сооружений // Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня образования БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2024. – С.293-266.

6. Меркулов С.И., Есипов С.М. Армирование бетонных и железобетонных конструкций композитными материалами // Железобетонные и каменные конструкции: настоящее и будущее. Сборник тезисов докладов Международной научной конференции, посвященной 50-летию кафедры "Железобетонные и каменные конструкции" и 105-летию Казанской школы железобетона. – 2024. – С. 26

7. Гурова Т.Н. Интеграция современных инженерных систем в объекты историко-культурного наследия // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2023. – № 1. – С. 45-53.

Нефедов Д.Ю., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.

Косухин М.М

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ТЕХНОЛОГИЯ ПОДДОМКРАЧИВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В статье рассматривается технология поддомкрачивания (подъема) строительных конструкций – комплекс инженерно-технических мероприятий, направленных на восстановление проектного положения, перераспределение нагрузок или модернизацию зданий и сооружений. Освещены основные принципы, виды применяемого оборудования, ключевые этапы проведения работ и области применения данной технологии.

Современное строительство и реконструкция все чаще сталкиваются с задачами, требующими точного и контролируемого перемещения массивных конструкций. Необходимость в этом возникает при просадках фундаментов, перекосах несущих элементов, необходимости увеличения высоты этажей, замене опорных частей

мостов или даже при полном перемещении зданий. Технология поддомкрачивания (или подъема) является ответом на эти вызовы. Это не просто использование домкратов, а инженерный процесс, основанный на точных расчетах, современном оборудовании и строгом соблюдении техники безопасности. Данная технология позволяет выполнять работы с минимальным вмешательством в эксплуатацию объекта и с высокой степенью точности [1].

Сущность и принципы технологии. Поддомкрачивание – это процесс подъема (или опускания) частей здания или сооружения с помощью систем силовых гидравлических или механических домкратов для достижения конкретной инженерной цели.

Основополагающие принципы технологии:

статическая определимость и контроль: система домкратов должна быть расставлена таким образом, чтобы в любой момент времени была известна величина и точка приложения усилия. Это исключает возникновение неучтенных напряжений в конструкции.

синхронность подъема: критически важный параметр. Неравномерный подъем может привести к переломам, трещинам и разрушению конструкции. Для контроля используется система синхронизации, отслеживающая положение каждой точки подъема с точностью до миллиметра.

этапность (шаговость): подъем осуществляется не за один цикл, а небольшими дискретными шагами (обычно 10-50 мм). После каждого шага производится контрольное обследование конструкции, проверка показаний датчиков и, при необходимости, установка временных опор. беспрепятственное движение: перед началом работ конструкция должна быть отделена от всех мешающих элементов (перегородок, инженерных коммуникаций и т.д.), чтобы обеспечить ее свободное и безопасное перемещение.

резервирование и безопасность: все системы дублируются. Помимо основных домкратов, устанавливаются страховочные опоры (стальные столбы, бетонные блоки), которые подводятся под конструкцию после каждого шага подъема. Это гарантирует, что в случае отказа гидравлики конструкция не обрушится.

Оборудование и оснастка. Ключевым элементом технологии являются домкраты и системы управления ими [2].

Гидравлические домкраты:

Плунжерные (стоечные): Используются для подъема самых тяжелых конструкций (пролетные строения мостов, тяжелые перекрытия). Обладают большим ходом и высоким усилием (до 1000 т и более).

Дюкерные (закладные): Компактные домкраты, которые монтируются в ограниченном пространстве, например, между старым и новым фундаментом. Часто используются в паре с плоскими тягами (шпильками).

Система синхронизации: Современные системы используют компьютерное управление. Датчики положения (тензометрические, инкрементальные энкодеры) в реальном времени передают данные на контроллер, который управляет клапанами насосных станций, обеспечивая синхронный ход всех домкратов.

Вспомогательное оборудование:

Опорные конструкции (постаменты): Изготавливаются из стали или высокопрочного бетона для равномерного распределения нагрузки от домкрата на основание.

Стальные балки и распределительные плиты: Используются для создания временной системы, воспринимающей нагрузку от поднимаемого элемента.

Контрольно-измерительные приборы (нивелиры, теодолиты, прогибомеры) для независимого контроля геометрических параметров.

Основные этапы проведения работ. Технологический процесс поддомкрачивания является строго регламентированным и включает следующие этапы:

Подготовительный.

- обследование и расчеты: проводится детальное обследование объекта, определяются прочностные характеристики материалов, существующие дефекты. Выполняется поверочный расчет конструкции на все стадии подъема, определяются точки приложения усилий, необходимое усилие и ожидаемые перемещения;

- разработка Проекта Производства Работ (ППР): создается детальный план, включающий схемы расстановки домкратов, методы отделения конструкции, графики работ и мероприятия по технике безопасности;

- подготовка объекта: устройство опорных площадок для домкратов, отделение поднимаемой конструкции от смежных элементов, отключение и перенос коммуникаций [3].

Мобилизация. На объект доставляется и устанавливается все необходимое оборудование: домкраты, насосные станции, система синхронизации, страховочные опоры.

Опробование (тестовый подъем).

Производится начальное нагружение домкратов (~10% от расчетного усилия) для проверки контакта всех элементов и работы оборудования. Конструкция приподнимается на 5-10 мм и фиксируется. Проводится визуальный осмотр [4].

Основной цикл подъема

Цикл повторяется до достижения проектной отметки:
отъем на расчетный шаг: Оператор запускает синхронный подъем.
контроль: Снимаются показания с датчиков системы и независимых геодезических приборов.
страховка: Под конструкцию устанавливаются временные опорные элементы.
исследование: Визуальный осмотр на предмет появления новых трещин или деформаций.
подготовка к следующему шагу: При необходимости производится перестановка или докладка домкратов.

Фиксация и демобилизация

После достижения целевой отметки конструкция надежно фиксируется на проектных опорах (например, с помощью бетонирования или сварки). После набора прочности нового основания домкраты и вспомогательное оборудование демонтируются [5].

Области применения и примеры

Технология поддомкрачивания находит применение в различных сферах:

- реконструкция и усиление фундаментов: при просадках или увеличении нагрузки на основание производится подъем здания для замены грунта, устройства нового фундамента или его усиления;
- строительство мостов: замена опорных частей, выправка пролетных строений, подъем для увеличения габарита под мостом;
- передвижка зданий: исторические здания часто поднимаются и перемещаются на новые места для освобождения территории под новое строительство;
- устройство подземных этажей: при реконструкции в стесненных городских условиях существующее здание поднимается, и под ним возводится один или несколько подземных этажей;
- восстановление вертикального положения сооружений: например, выправка наклонившихся колонн или башен.

Пример: При реконструкции моста в городе Белгороде требовалось заменить и реконструировать часть устаревших мостовых балок, а также демонтировать опорные ригели для дальнейшей реконструкции. С помощью системы из гидравлических домкратов был выполнен подъем балок, демонтаж и реконструкция опорных ригелей балок и монтаж новых балок.

Преимущества, риски и перспективы. Преимущества технологии:

- высокая точность: контроль на уровне миллиметров.
- минимальное воздействие на объект: локальное вмешательство по сравнению с полной разборкой.

– сокращение сроков работ: по сравнению с традиционными методами.

– экономическая эффективность: сохранение существующих конструкций часто дешевле нового строительства.

– безопасность: при соблюдении технологии риск аварии минимален.

Потенциальные риски и меры их устранения:

– перекося конструкции: устраняется использованием систем синхронизации.

– неучтенная прочность материалов: нивелируется тщательным предварительным обследованием.

– отказ оборудования: компенсируется системой резервирования и страховочными опорами.

Перспективы развития: будущее технологии связано с повышением уровня автоматизации, использованием BIM-моделей для управления процессом в реальном времени, разработкой более компактного и мощного оборудования, а также применением «умных» материалов для временного опирания.

Технология поддомкрачивания строительных конструкций представляет собой мощный и гибкий инструмент в арсенале современного инженера-строителя. От ремонта небольшого коттеджа до перемещения исторического памятника – ее применение демонстрирует, что даже самые массивные объекты можно перемещать с ювелирной точностью. Успех этих сложных операций всегда основывается на триаде: глубокий инженерный анализ, качественное оборудование и строгое соблюдение технологической дисциплины. По мере развития городов и роста потребности в реновации существующего фонда значение этой технологии будет только возрастать.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О выравнивании зданий электрогидравлической системой с плоскими домкратами. (соавторы: Болотов Ю.К., Зотов В.Д., Панасюк Л.Н.). - Georgian engineering news, № 2(10), Грузия. Тбилиси. Инженерная академия Грузии. 1999, с. 101-103.

2. Модельный ряд стальных плоских домкратов для подъема и выравнивания зданий (соавторы: Зотов В.Д., Болотов Ю.К., Кутасов И.А., Махвиладзе К.Л.) // Georgian engineering news. 2005. №1. С. 143-148.

3. Устройство для корректировки положения здания, сооружения. (соавторы: Болотов Ю.К., Зотов В.Д., Панасюк Л.Н.). Патент РФ № 2195532. Бюл. № 36 от 27.12.02.

4. Устройство для корректировки положения здания, сооружения. (соавторы: Болотов Ю.К., Зотов В.Д., Панасюк Л.Н.). Патент РФ № 2209272. Бюл. № 21 от 27.07.03.

5. Система подъема и выравнивания здания, сооружения. (соавторы: Болотов Ю.К., Зотов В.Д., Пимшин Ю.И.). Патент РФ № 2224845. Бюл. № 6 от 27.02.04.

Пахомов И. С., аспирант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Дрокин С. В

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ВЛИЯНИЕ ПРЕВЫШЕНИЯ СНЕГОВОЙ НАГРУЗКИ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ

Общепринятый для расчетов строительных конструкций, зданий и сооружений метод предельных состояний является полувероятностным методом. Используемые данные о физико-механических свойствах материалов, некоторых нагрузках рассчитываются на основе вероятностного метода. Например, снеговая нагрузка рассчитана таким образом, чтобы ее превышение было допустимо раз в 50 лет [1]. Иначе говоря, мы не можем позволить себе задать настолько высокую снеговую нагрузку, чтобы ее превышение было невозможно, это экономически нецелесообразно. В то же время срок эксплуатации большинства зданий составляет как раз 50 лет. Иначе говоря, мы учитываем снеговую нагрузку таким образом, чтобы за весь срок эксплуатации здания нагрузка оставалась в пределах расчетного значения. Как результат, здание спроектировано на определенный срок службы, с максимальной экономической эффективностью.

Однако, гарантий того, что снеговая нагрузка действительно будет превышать не более 1 раза за всю жизнь здания нет. Доказательством этого могут служить данные Росгидрометцентра, из которых можно выделить 3 случая превышения расчетной снеговой нагрузки за последние 40 лет. То есть фактическая обеспеченность снеговой нагрузки намного ниже, чем описанная в нормах. Конечно, это не означает разрушение в момент превышения нагрузки, но срок эксплуатации здания будет сокращаться соразмерно превышению нагрузки. Точно оценить экономический ущерб невозможно, но можно оценить, насколько сокращается или продлевается срок эксплуатации зданий в зависимости от снеговой нагрузки.

Важно понимать, что недостаточный учет влияния снега ведет не только к превышению нагрузок, но и к возможному повреждению несущих конструкций вследствие замачивания или коррозии. Так, согласно статистике, около 53 % всех разрушений происходят из-за перегрузки несущих конструкций снегом. К тому же, при обследованиях замачивания встречаются у 7 % железобетонных колонн, а коррозия у 42 у каждого случая повреждения, но в целом тенденция заметна. Так же, среди причин разрушений зданий выделяют 8% как недостатки в нормах проектирования [2].

Для расчета срока эксплуатации здания воспользуемся данными о плотности распределения снеговой нагрузки и функцией распределения максимумов снеговой нагрузки. Плотность распределения представлена в виде двойного экспоненциального распределения Гумбеля. Из нее выводим функцию распределения максимумов.

В качестве основания для расчета примем данные о запасах воды в снеге для города Москва [3]. Данные о запасах воды в снеге собираются на специальных маршрутах снегосъемок, расположенных, как правило, в устьях рек или полях, где отсутствует или минимален нанос снежного покрова. То есть данные не учитывают наносы и накопления снега, а только его фактическое количество.

В результате анализа данных мы получим следующие результаты.

Среднее значение снеговой нагрузки, т.е. математическое ожидание, будет равно 110 кг/м^2 , при нормативном значении, равным равняется 241 кг/м^2 , при расчетном значении равным 203 кг/м^2 . С учетом того факта, что допустимое превышение снеговой нагрузки в нормах не указано, сделаем вывод, что такое значение раз в 50 лет все еще допустимо. Однако, это не единственный случай превышения. Анализируя суммарный результат влияния этих превышений, можем численно выразить их влияние на долговечность конструкции.

Нормативная долговечность конструкций прописана в нормах и для большинства зданий составляет 50 лет, иначе говоря, за весь срок службы ожидается одно превышение снеговой нагрузки [4]. Ориентируясь на этот показатель, можем узнать фактический ожидаемый срок службы конструкции, с учетом превышения снеговой нагрузки. Так, для трех превышений за 50 лет мы получим ожидаемый срок службы в 37 лет, с учетом величины этих превышений.

Принцип расчета строится на плотности распределения максимумов двойного экспоненциального распределения Гумбеля:

$$p_u(x) = \alpha \cdot e^{-\alpha(x-u)-e^{-\alpha(x-u)}},$$

$$p_v(x) = \alpha \cdot e^{\alpha(x-u)-e^{\alpha(x-u)}}.$$

Здесь α и μ связаны математическим ожиданием и стандартом распределения максимальных значений, которые в свою очередь определяются из исходных данных.

Расчет представлен следующим образом, долговечность здания берется по нормам и равняется 50 лет, то есть обеспеченность нагрузки составляет 0,98. Основой расчета является исправленное двойное экспоненциальное распределение Гумбеля, которое отличается от используемого для норм учетом фактических данных о снеговой нагрузке. Математическое ожидание будет равно 110 кг/м², когда как стандарт распределения максимумов около 45 кг/м². Исходя из получившейся кривой мы выбираем 98% значений, которые покрываются согласно нормам. С учетом данных о фактической снеговой нагрузке мы получим фактическое расчетное значение снеговой нагрузки. В нашем случае это 213 кг/м², что примерно на 5 % выше значения, данного в нормах. В таком случае мы можем вычислить фактический срок службы конструкции, сравнивая полученное нами значение нагрузки с нормативным. В нашем случае, для того чтобы расчетное значение нашей кривой Гумбеля совпало с расчетным значением из норм, срок эксплуатации здания должен быть равен 37 годам, а его обеспеченность составит 0,97 [5].

Это примерный расчет, но уже можно сделать ряд выводов. Так, к примеру, не учитывая некоторые отдельные случаи, такие как Москва со сниженным расчетным весом снегового покрова, в третьем снеговом районе расчетная снеговая нагрузка равняется 210 кг/м², а наше значение, с учетом превышений, равняется 213 кг/м². То есть, без учета случаев нахождения на стыках снеговых районов, данные в нормах значения снеговой нагрузки полностью соответствуют времени и требуемым значениям надежности и долговечности.

В то же время остаются случаи городов, находящихся на стыках снеговых районов, которые требуют более тщательного подхода. К примеру, в последней редакции норм о нагрузках и воздействиях указаны значения снеговых нагрузок для отдельных городов.

Таким образом возможно определить ожидаемый срок эксплуатации конструкции с учетом влияния фактических снеговых нагрузок. Полученные данные можно применять для уточнения причин повреждения или разрушения существующих конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* / Министерство строительства и жилищнокоммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва, 2018. – 73 с.

2. Байбурин Денис Альбертович, Тупицына Дарья Сергеевна Частотность дефектов и Повреждений промышленных зданий // Вестник ЮУрГУ. Серия: Строительство и архитектура. 2022. №1.

3. Справка об ожидаемом характере весеннего половодья 2023 года на реках Российской Федерации и предварительный прогноз притока воды в крупные водохранилища во втором квартале / ФГБУ «Гидрометцентр России» / РОСИГИДРОМЕТ, 2023

4. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения (Переиздание, с Изменением N 1) / Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2019

5. Смоляго Г.А. К оценке технического состояния металлических конструкций каркасных систем производственных корпусов свинокомплексов / Г.А. Смоляго, С.В. Дрокин, А.П. Белоусов [и др.] // Наука и инновации в строительстве: (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): сборник докладов Международной научно-практической конференции, Белгород: изд-во Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – 2017. – Том 2. – С. 36-40.

Попова А.С., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук., доц.
Фролов Н.В.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г.Белгород, Россия*

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕМОНТУ ТРЕЩИН РАЗЛИЧНОЙ ШИРИНЫ

Ремонт каменной кладки с трещинами актуален, так как повреждения снижают несущую способность здания и могут привести к обрушению отдельных участков. Трещины также ухудшают эстетический облик здания и снижают теплотехнические характеристики наружных стен.

Своевременное устранение трещин позволяет:

– предотвратить дальнейшее распространение повреждений. При продолжении деформации проводить ремонтные работы не имеет смысла – трещина появится заново;

– укрепить конструкцию. В некоторых случаях необходимо не просто заделать трещины, а усилить объект, чтобы восстановить утраченные прочностные характеристики [1].

При ремонте трещин до 10 мм следует:

Поверхность трещины и ее саму тщательно очистить от разрушенного и расслаивающегося материала основания, разного рода мусора, продуть сжатым воздухом и хорошо увлажнить. Перед нанесением ремонтного раствора поверхность трещины должна быть влажная. Заполнить саму трещину монтажным составом для спиральных анкеров RSA, по всей длине и с заходом порядка 10 см на поверхность стены около трещины, зачеканить ее.

В зависимости от состояния кирпичной кладки и глубины раскрытия трещины или при наличии внутри стены полостей и пустот для повышения сплошности кладки и повышения ее несущей способности может производиться инъецирование в кладку специального высоко текучего и проникающего состава RSA Inject, для этого в зоне трещины пробуриваются шпury диаметром 18 мм под углом 45°. к полю стены, с шагом 200 мм [2].

Шпury бурятся безударным способом по возможности алмазным инструментом. Шпury бурятся в шахматном порядке с обеих сторон от трещины, глубина шпуров должна быть равна глубине раскрытия трещины, но не более $\frac{3}{4}$ толщины кладки, шпury пересекают трещину в толще кладки под углом 45°. Отступ шпуров от края трещины 200 мм. При наличии сети разветвленных трещин шпury располагаются в шахматном порядке с расстоянием между ними 300 мм (рис. 1).

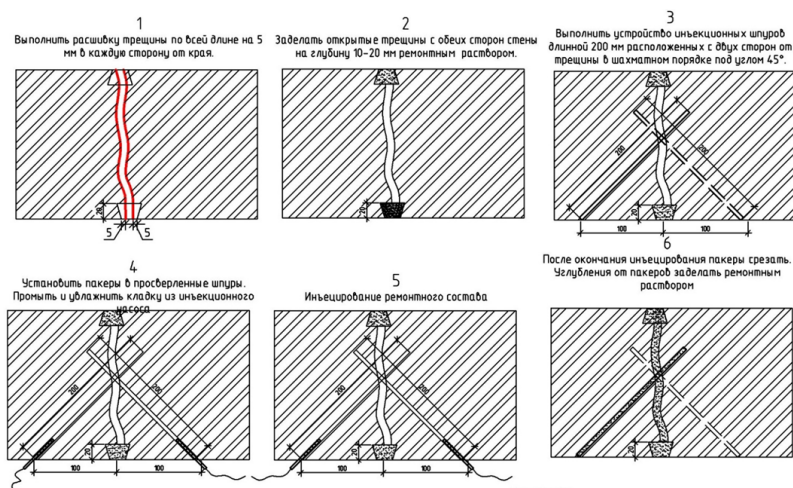


Рис. 1. Этапы ремонта раскрытия трещин шириной до 10 мм

Шпury необходимо очистить от грязи и пыли сжатым воздухом, в них забиваются пластиковые пакеры с клапаном длиной 105 мм и

диаметром 18 мм, при забивке необходимо соблюдать осторожность что бы не повредить место, где к пакеру крепить шланг насоса низкого давления, пакеры заделываются на монтажный состав для спиральных анкеров RSA. При заделке трещин предусмотреть через каждый метр отверстия для выхода воздуха, выдавливаемого инъекционным составом.

Инъекцирование производится с использованием шнекового насоса низкого давления, с давлением 3-4 атм, начиная с нижнего пакера. Инъектирование состава производить непрерывно до появления его в трещине, соседних шпурах или при резком повышении давления. Инъектирование считается законченным если раствор больше не входит в пакер при давлении 3-4 атм. До истечения срока жизни раствора необходимо произвести повторное допрессовывание его в уже проинъектированные пакеры. После схватывания раствора пакеры срубаются ножом, а их места установки заделываются монтажным составом для спиральных анкеров RSA. Расход состава RSA Inject зависит от наличия пустот в клее и уточняется по факту [3].

Выполнение работ производить при температуре воздуха не ниже элементах конструкций отапливаемых зданий. В весенний период работы производить только после устойчивого поднятия температуры выше +5 °С.

Далее приступают к монтажу спиральных анкеров RSA согласно альбому технических решений.

Для трещин шириной более 10 мм предпринимаются следующие действия [4]: создать штрабу прямоугольной формы с размерами 3-5 см глубиной и на 2-3 см шире самой трещины по всей ее длине. Подготовленную поверхность прочистить ершиком, продуть сжатым воздухом и хорошо увлажнить. Перед нанесением ремонтного раствора поверхность трещины должна быть влажная. Заполнить трещину монтажным раствором для спиральных анкеров RSA, зачеканить ее.

Если трещина сквозная или внутри стены есть полости и пустоты, то для повышения сплошности кладки и повышения ее несущей способности производится инъектирование в кладку специального высоко текучего и проникающего состава RSA-Inject, для этого в зоне трещины пробуриваются шпуры диаметром 18 мм под прямым углом к полю стены, глубиной 200 мм с шагом 300 мм (рис. 2).

Шпуры бурятся безударным способом по возможности алмазным инструментом. Шпуры необходимо очистить от грязи и пыли сжатым воздухом, в них забиваются пластиковые пакеры с клапаном длиной мм и диаметром 18 мм, при забивке необходимо соблюдать

осторожность что бы не повредить место, где к пакеру крепить шланг насоса низкого давления, пакеры заделываются на монтажный состав для спиральных анкеров RSA. При заделке трещин предусмотреть через каждый метр отверстия для выхода воздуха, выдавливаемого инъекционным составом [5].

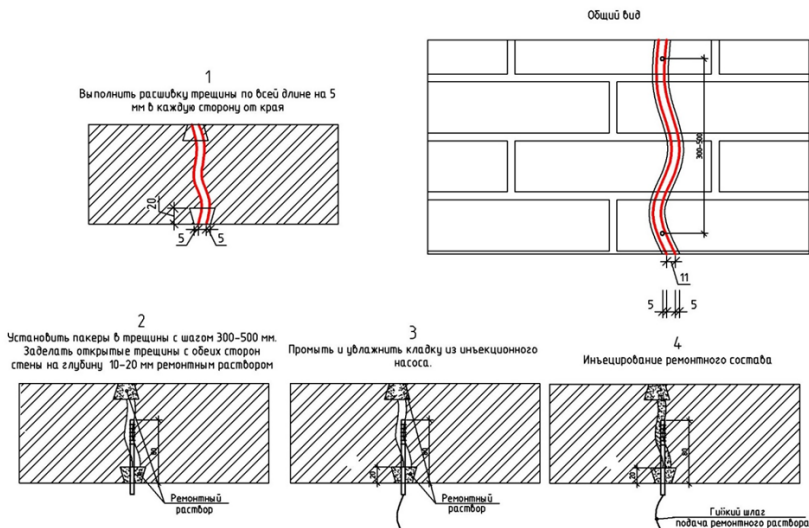


Рис. 2. Этапы ремонта раскрытия трещин шириной более 10 мм

Важно не только заделывать трещину, но и устранять причину ее появления. В противном случае трещины будут появляться вновь, а старые – только увеличиваться в размерах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 15.13330.2010. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-11-М.: ОАО «ЦПП», 2011.
2. СП 427.1325800.2018 Каменные и армокаменные конструкции. Методы усиления.
3. Бондаренко С.В., Санжеровский Р.С. Усиление железобетонных конструкций при реконструкции зданий. М.: Стройиздат, 1990.
4. Методы усиления каменных конструкций и зданий / Пириев Ю.С., Пириева С.Ю. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова. – 2018, № 5. с. 25-29.
5. Пириев Ю.С. Технические вопросы реконструкции и усиления зданий. Учебное пособие. Москва, АСВ, 2013.

Сергеев В.С., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Челнокова В.М.**

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный
университет, г. Санкт-Петербург, Россия*

АНАЛИЗ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Применение цифровых технологий при обследовании зданий и сооружений позволяет сократить трудозатраты и снизить риск ошибок при составлении технического отчета и проведении работ на объекте [1]. Отчеты о техническом обследовании требуются для проектов по реконструкциям, реставраций и капитальных ремонтов. Соответственно применение современных методик технического обследования с интеграцией цифровых технологий актуальны для быстроразвивающихся мегаполисов.

Одним из перспективных направлений является применение автоматизированных систем, основанных на искусственном интеллекте [2], в частности – на нейронных сетях. Автоматизированные системы позволяют ускорить работы на объекте обследования. Благодаря способности эффективно обрабатывать информацию, нейронные сети позволяют автоматически выявлять, классифицировать и оценивать дефекты строительных конструкций по изображениям и видеоданным, полученным с мобильных телефонов, камер, а также беспилотных летательных аппаратов. Развитие цифровых технологий позволило увеличить количество фотографий и видеозаписей, производимых на объекте обследования, однако скорость обработки информации из данных материалов человеком остается прежней. Автоматизированные системы с использованием нейронных сетей значительно сокращают трудозатраты, минимизируют влияние человеческого фактора и обеспечивают воспроизводимость результатов. В условиях роста требований к безопасности эксплуатации зданий, разработка и внедрение надежных нейросетевых автоматических систем для визуального обследования становятся актуальной научно-технической задачей.

Искусственный интеллект активно задействован для дефектоскопии на поточных производствах с однотипной продукцией, где разнообразие дефектов и повреждений невелико [3]. В данное время происходит постепенная интеграция искусственного интеллекта в технические обследования для обработки информации по фотографиям

и видеозаписям. Поиск информации нейросетевой автоматизированной системой по данным материалам называется компьютерным зрением [4-6]. В специализированные программные комплексы добавляют модули с нейронными сетями, которые позволяют определить положение и тип дефектов строительных конструкций. В данной статье анализируются результаты работы нейронной сети Neimarker, применяемой для распознавания дефектов и повреждений.

Анализ работы нейросетевой автоматизированной системы произведен по результатам обработки фотографий, выполненных автором. Ниже представлены результаты работы нейронной сети Neimarker после обработки фотографий кирпичного трехэтажного здания, расположенного по адресу: г. Санкт-Петербург, Набережная реки Волковки, дом 3 (рис. 1). Данное здание является объектом культурного наследия регионального значения.



Рис. 1. Дефекты и повреждения фасадов кирпичного здания:
а – 1-й результат; б – 2-й результат

Обработка результатов фотофиксации (рис. 1) показала, что автоматизированная нейронная система способна определять участки с деструкцией каменной кладки наружных стен. Деструкция кладки наружных стен для данного здания является повсеместной, однако система показала только отдельные участки. Это может быть связано с тем, что система определила данные фрагменты фасадов, как имеющие наибольшие повреждения.

Далее представлены результаты обработки фотографий оштукатуренных каменных конструкций (рис. 2): ограждения приямка и наружной стены пристройки.



Рис. 2. Дефекты и повреждения оштукатуренных каменных конструкций:
а – ограждение приемка; *б* – наружная стена пристройки

Нейросетевая автоматизированная система определила дефекты в отделочных слоях: разрушение и следы замачивания (рис. 2). Однако на данных участках конструкций искусственным интеллектом не были определены трещины в кладке, которые являются более значимым повреждением, чем дефекты отделочных слоев.



Рис. 3. Дефекты и повреждения внутренних конструкций

Проанализируем результаты применения нейронной сети с компьютерным зрением для внутренних конструкций рассматриваемого здания (рис. 3).

Системой были выявлены дефекты конструкций, обнаруженные по фотографиям, выполненным внутри здания (рис. 3). Искусственный интеллект правильно определил участки с дефектами штукатурных и окрасочных слоев.

По результатам анализа работы нейронной сети с произведенными фотоматериалами можно сделать вывод, что на данном этапе развития автоматизированная система Neimarker способна определять положения дефектов и повреждений строительных конструкций. Искусственный интеллект способен

определить несколько дефектов и повреждений на одном изображении. Правильно определяет тип дефекта, а значит также и тип обследуемой конструкции, на которой он находится. Однако анализ показал, что нейронная сеть может не определить дефект внутри конструкции, а обозначить только дефект отделочных слоев этого элемента здания. Данная автоматизированная система удобна в использовании, так как процесс фотофиксации и анализа можно производить на мобильном телефоне сразу на объекте обследования.

Совершенствование данных автоматизированных систем с применением нейронных сетей возможно при составлении баз данных с большим количеством технических отчетов об обследовании зданий и сооружений, ведомостей дефектов и повреждений строительных конструкций. Данные базы данных будут применены для машинного обучения. С развитием цифровых технологий потребуются повышение квалификации инженеров-обследователей. Интеграция нейросетевых автоматизированных систем в область технического обследования зданий и сооружений требует комплексного подхода к дополнительному обучению сотрудников [7, 8].

Применение компьютерного зрения для определения дефектов и повреждений конструкций помогает сократить трудозатраты, что позволит оптимизировать процессы на этапах визуального контроля и камеральных работ. В дальнейшем, с развитием данных автоматизированных систем, будет расти качество производимых технических обследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чистякова, Е. С. Информационные технологии в обследовании зданий и сооружений / Е. С. Чистякова // Инвестиции, градостроительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения: Материалы XIII Международной научно-практической конференции. В 2-х частях. – Томск: ТГАСУ, 2023. – С. 677-680.

2. Акристиний, В. А. Использование искусственного интеллекта при обследовании зданий и сооружений / В. А. Акристиний, А. С. Чернышова // Недвижимость: экономика, управление. – 2024. – № S3. – С. 44-48. – EDN VPBKDH.

3. Цапаев, А. П. Методы и алгоритмы распознавания изображений для обнаружения дефектов внутренней поверхности труб с целью автоматизации визуального контроля: специальность 05.13.17 "Теоретические основы информатики": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Цапаев Алексей Петрович. – Нижний Новгород, 2013. – 20 с. – EDN ZPBVRF.

4. Крылов, С. А. Автоматизация диагностирования причин возникновения дефектов на фасадах кирпичных зданий с применением технологий искусственного интеллекта / С. А. Крылов, Г. Г. Кашеварова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2023. – № 4(52). – С. 51-62. – DOI 10.15593/2409-5125/2023.04.05.

5. Применение технологий искусственного интеллекта при мониторинге состояния строительных конструкций зданий и сооружений / Ж. А. Грудина, С. А. Чунарева, М. С. Климака, А. А. Шарапов // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2024. – Т. 7, № 1. – С. 82-87.

6. Бугакова, Т. Ю. Применение нейросетей с целью совершенствования методики мониторинга зданий и сооружений / Т. Ю. Бугакова, А. А. Шарапов // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопро пространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. – 2022. – № 1. – С. 128-134. – DOI 10.33764/2687-041X-2022-1-128-134.

7. Челнокова, В. М. Комплексное управление процессом повышения квалификации специалистов строительной отрасли: монография / В. М. Челнокова [и др.]. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2012. – 100 с.

8. Челнокова, В. М. Развитие качества профессиональной переподготовки и повышения квалификации специалистов инвестиционно-строительного комплекса / В. М. Челнокова // Вестник гражданских инженеров. – 2012. – № 5 (34). – С. 257–261.

Сериков П.В., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Шаповалов С.М.

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПOTЕРЬ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМАХ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТИПОЛОГИИ ДЕФЕКТОВ И МЕТОДОВ ИХ СНИЖЕНИЯ

В условиях постоянного роста тарифов на энергоресурсы и ужесточения экологических требований повышение энергоэффективности зданий становится ключевой задачей для России. Несмотря на огромный потенциал энергосбережения, его реализация сталкивается с рядом системных проблем [6]. Данная статья анализирует существующие вызовы, предлагает комплекс

практических решений и описывает пути их успешного внедрения на основе актуальных нормативов и передовых научных разработок.

Проблематика. Нерациональные теплопотери как системная проблема. Основная проблема энергетической эффективности в России – это колоссальные и неоправданные потери тепла через оболочку зданий. Эта проблема имеет несколько ключевых аспектов:

1. Устаревший жилой фонд. Значительная часть жилого фонда страны была построена в советский период, когда вопросам теплоизоляции не уделялось должного внимания. Панельные и кирпичные дома 1917–1984 гг. постройки характеризуются низким сопротивлением теплопередаче ограждающих конструкций. Потери тепла в таких зданиях могут достигать 80 %, что приводит к перерасходу энергоресурсов и дискомфортным условиям проживания (температура зимой может опускаться до 14–15 °С) [1].

2. Отставание нормативной базы. Сравнительный анализ, проведенный для типового жилого многоквартирного здания в Москве, показывает критическое отставание российских нормативов. Согласно расчетам, здание, теряя за отопительный период в 2,2 раза меньше тепла (на 55,6%), чем здание, соответствующее актуализированному СП 50.13330.2012. Введение новых норм, вопреки мировой практике, не ужесточило, а в некоторых аспектах даже ослабило требования по сравнению с устаревшим СНиП 23-02-2003. Это приводит к завышенным затратам жителей на отопление на протяжении всего жизненного цикла здания [2].

3. «Мостики холода» и несовершенство методик расчета. Значительные теплопотери происходят через так называемые теплонапряженные элементы (ТНЭ) – участки с пониженным термическим сопротивлением (стыки, углы, балконные плиты, оконные откосы). Существующие упрощенные методики расчета, например, для конструкций, контактирующих с грунтом (стены подвалов, полы по грунту), зачастую дают завышенные и не соответствующие физической реальности результаты, требуя абсурдной толщины утеплителя (до 1 метра и более), что дискредитирует сами нормы и повышает стоимость строительства [3].

Варианты решения. Комплексный подход и современные технологии. Решение проблемы требует системного подхода, объединяющего ужесточение нормативов, применение новых материалов и внедрение передовых расчетных методик.

1. Комплексная термомодернизация. Вместо точечного утепления фасадов необходим комплексный подход, включающий:

– утепление всех ограждающих конструкций: стен, окон, покрытия (крыши), цокольных перекрытий и полов по грунту.

Наибольший эффект дает одновременное применение решений для всех элементов здания [1];

- применение эффективных материалов: На рынке представлен широкий выбор утеплителей, таких как пенополистирол ($\lambda = 0,035\text{--}0,042 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$), минеральная вата ($\lambda = 0,035\text{--}0,06 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$), напыляемый пенополиуретан ($\lambda = 0,021\text{--}0,032 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$) и эковата ($\lambda = 0,037\text{--}0,042 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$). Выбор зависит от конкретной конструкции, требуемого λ -коэффициента и бюджета [1].

2. Устранение «мостиков холода».

- конструктивные меры: применение терморазрывов в узлах сопряжения конструкций (например, в балконных плитах), использование стеклопластиковой арматуры вместо стальной в наружных слоях, заполнение пустот в пустотелых плитах перекрытия пенополистиролом [3];

- специализированные решения: разработка и применение высокоэффективных элементов, например, составных перемычек из газобетонных блоков с армированием углеродным волокном, которые сочетают прочность и высокие теплозащитные свойства [6, 8-15].

3. Совершенствование проектирования и расчетов.

- энергоэффективные архитектурно-планировочные решения: повышение компактности здания, рациональная ориентация по сторонам света для максимизации солнечного тепла [5];

- использование точных методов моделирования: Отказ от упрощенных методов в пользу расчета нестационарных температурных полей с помощью ПО (например, ANSYS, ELCUT). Это позволяет точно оценить влияние ТНЭ и найти оптимальные решения [3];

- применение методов машинного обучения: использование искусственных нейронных сетей (ИНС) и байесовских методов для калибровки моделей теплопотерь на основе реальных данных с узлов учета, что особенно актуально при недостатке или низкой детализации исходной информации [4].

Внедрение. Инструменты и механизмы реализации.

Для перехода от теории к практике необходима консолидация усилий на нормативном, технологическом и финансовом уровнях.

1. Актуализация нормативной базы. Требуется поэтапное, но неуклонное ужесточение требований СП 50.13330 «Тепловая защита зданий» с приведением их в соответствие с передовыми европейскими стандартами. Это главный драйвер для рынка энергоэффективных материалов и технологий. Необходима также срочная доработка СП 230.1325800.2015 в части характеристик теплотехнических неоднородностей для конструкций, контактирующих с грунтом, с учетом реальной теплофизики и толщины утеплителя [7].

2. Внедрение технологий сквозного проектирования (BIM) и управления жизненным циклом. Информационное моделирование зданий (BIM) позволяет на этапе проектирования учитывать энергоэффективность, проводить многовариантный анализ и управлять объектом на всех этапах его жизни – от проектирования до сноса. Интеграция в BIM-модели алгоритмов ИИС для прогнозирования энергопотребления позволяет принимать оптимальные проектные решения, минимизирующие затраты на эксплуатацию [6, 8-15].

3. Стимулирование и информирование.

– финансовые механизмы: развитие программ софинансирования капремонта, направленных на комплексную термомодернизацию, предоставление льготных кредитов или налоговых вычетов для владельцев энергоэффективного жилья [6];

– информационная поддержка: создание открытых баз данных с типовыми проектными решениями, проведение обучающих семинаров для управляющих компаний, ТСЖ и проектировщиков, разъяснение долгосрочной экономической выгоды от энергосберегающих мероприятий [2].

Проблема энергоэффективности зданий в России носит системный характер, но имеет понятные и реализуемые пути решения. Ключ к успеху лежит в комплексном подходе, который включает ужесточение и совершенствование нормативов, массовое внедрение современных материалов и технологий строительства, а также использование передовых digital-инструментов для проектирования и управления [3, 6, 7]. Инвестиции в энергосбережение – это не только снижение коммунальных платежей для граждан, но и стратегический вклад в экономическую и экологическую безопасность страны, позволяющий сохранить невозобновляемые энергоресурсы для будущих поколений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фетисов А.С., Антонов О.В., Анисимов К.Г., Сущенко Ю.Ю., Абсимеретов В.Э. Анализ эффективности комплексной термомодернизации ограждающих конструкций жилого здания // Международная научно-техническая конференция молодых ученых. – 2020. – С. 2284–2287.

2. Горшкова А.С., Немова Д.В., Рымкевич П.П. Сравнительный анализ затрат тепловой энергии, эксплуатационных затрат на отопление и затрат топливно-энергетических ресурсов для многоквартирного жилого здания при различных минимальных требованиях к уровню тепловой защиты ограждающих конструкций // Кровельные и изоляционные материалы. – 2013. – № 2. - С. 34-39.

3. Козлобродов А.Н., Иванова Е.А. Анализ совместного влияния нескольких теплонапряженных элементов на тепловое состояние строительных конструкций. // Вестник ТГАСУ. – 2016. - №1. – С. 133-139.

4. Псаров С.А., Украинский И.С. Применение байесовских оценок для калибровки моделей тепловых потерь здания. // Новые идеи нового века. – 2024. – Т. 2. – С. 420-426.

5. Долголаптев В.М., Николаева Е.К., Бондарчук В.В., Бревнов А.А. Теплотехнические характеристики архитектурно-планировочных решений жилых зданий. // Научные технологии и оборудование в промышленности и строительстве. – 2024. - № 3. – С. 99-108.

6. Сулейманова Л.А., Обайди А.А.Х., Шарапов О.А., Черенков А.Ю. Оптимизация энергосбережения при управлении жизненным циклом объектов строительства на этапе проектирования. // Вестник Евразийской науки. – 2024. – Т. 16. - № 5. – С. 1-11.

7. Фролов М.В., Кудрин А.В. Оценка теплопотерь через наружные ограждающие конструкции отапливаемых подвалов. // Региональная архитектура и строительство. – 2025. – № 3. – С. 163-171.

8. Байдин О.В., Шевченко А.В., Шаповалов С.М. Экспериментальное исследование трещиностойкости стержневых сборно-монолитных конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. № 2. С. 78 – 83.

9. Байдин О.В., Шевченко А.В., Шаповалов С.М. Расчет сборно-монолитных конструкций с применением вариационного метода и интегрального модуля деформации // Строительная механика и расчет сооружений. 2009. №4. С. 9 – 13.

10. Байдин О.В., Шевченко А.В., Шаповалов С.М. Учет температурных деформаций при расчете замкнутых цилиндрических оболочек вариационным методом // Строительная механика и расчет сооружений. 2009. №5. С. 6 – 9.

11. Трубаев П.А., Чернявский О.С., Шаповалов С.М. Методы оценки эффективности энергоэффективности муниципальных образований // Энергосбережение и экология в жилищно-коммунальном хозяйстве и строительстве городов: междунар. науч.-практ. конф. Белгород: Изд-во БГТУ. 2012. С. 153-161.

12. Трубаев П.А., Чернявский О.С., Шаповалов С.М. Рейтинговые системы энергоэффективности «зеленых» зданий // Энергосбережение и экология в жилищно-коммунальном хозяйстве и строительстве городов: междунар. науч.-практ. конф. Белгород: Изд-во БГТУ. 2012. С. 161-167.

13. Агеева М.С., Шаповалов С.М., Усенко М.В. Закладочные смеси на основе техногенного сырья курской магнитной аномалии // Научные

и инженерные проблемы строительно-технологической утилизации техногенных отходов: Сб. трудов конференции. Белгород: БГТУ. 2014. С. 50-53.

14. Шевченко А.В., Шаповалов С.М., Шаповалова В.А. Расчет усилий в элементах вертикальных связей на основе вариационного метода Власова-Милейковского //Промышленное и гражданское строительство. 2014. №12. С. 55 – 58.

15. Шевченко А.В., Шаповалов С.М., Шаповалова В.А. Расчет вертикальных связей каркасных систем с учетом деформаций //Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 65 – 67.

¹Серых В.Д., студент,

²Дегтярь Д.А., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

³Серых И.Р.

¹*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г.Москва, Россия*

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

³*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г.Белгород, Россия*

ОБСЛЕДОВАНИЕ КОРПУСА ЭЛЕВАТОРА

Причиной повреждения строительных конструкций могут быть как внешние, так и внутренние факторы. А если повреждения значительные, то они могут привести к снижению эксплуатационных характеристик конструкций, а, следовательно, их надежности [1-5].

К числу внешних факторов воздействия следует относить: механические нагрузки, когда конструкции длительное время эксплуатируются в условиях запроектных нагрузок или испытывают воздействие, связанное с вибрацией, ударной волной; климатические условия, когда конструкции испытывают циклическое воздействие суточного и сезонного изменения температуры наружного воздуха, подвергаются атмосферным воздействиям; природные явления, когда в работу конструкций вмешивается сама природа в виде наводнений, землетрясений, оползней и др.

К числу внутренних факторов можно отнести старение материала. Оно происходит в результате таких процессов, как коррозия или усталость, в результате которых происходит ухудшение механических свойств материала и в последствии приводит к его разрушению.

Выбор методов восстановления эксплуатационных качеств поврежденных частей зданий зависит, прежде всего, от надлежащей оценки их технического состояния, которая базируется на основе научной диагностики. С помощью диагностики изучаются и устанавливаются признаки и причины повреждений, а также разрабатываются способы и средства для их анализа и оценок. При этом опираются на параметры технического состояния с их нормативными значениями и допустимыми отклонениями.

Объектом обследования являются несущие конструкции надсилосного этажа силосного корпуса элеватора, расположенного в Белгородской области. Обследование производилось с целью оценки технического состояния конструкций и возможности их дальнейшей эксплуатации по текущему функциональному назначению.

Здание элеватора, предназначенное для приемки, очистки, сушки и отгрузки зерновых и масленичных растительных культур, введено в эксплуатацию в 1999 г. (рис. 1).



Рис. 1. Силосный корпус элеватора

Здание силосного корпуса высотой 30 м имеет в плане прямоугольную форму размерами 36×36 м, материал конструкций – железобетон. В состав корпуса входят подсилосный этаж высотой 6 м от уровня пола до низа ригелей перекрытия и надсилосный этаж высотой 3,75-4,8 м до низа плит покрытия.

Стены выполнены из навесных стеновых железобетонных панелей с модульным шагом по высоте 1200 мм, длиной 3000 мм. Плиты покрытия надсилосного этажа – железобетонные ребристые предварительно напряженные размером 1,5×6,0 м. Колонны – сборные железобетонные размерами сечения 300×250 и 300×315 мм. Балки – сборные железобетонные двускатные или с параллельными поясами пролетом 12 м.

При обследовании несущих конструкций надсилосного этажа одного из корпусов элеватора было выявлено:

- частичное или полное обрушение четырех пролетов (рис. 2);
- разрушение балок и плит покрытия в зоне опирания; наклонные и поперечные трещины со смещением участков бетона относительно друг друга и наклонные трещины, пересекающие арматуру; разрывы поперечной и продольной арматуры (рис. 3);
- многочисленные сквозные отверстия в плите перекрытия с оголением арматуры, отслоение штукатурного слоя (рис. 4, а);
- частичное обрушение кровли, сквозные отверстия (рис. 4, б);



Рис. 2. Обрушение пролетов надсиловосного этажа



Рис. 3. Состояние балок и плит перекрытия



Рис. 4. Состояние плит покрытия (а) и кровли (б)

— наружные стеновые панели частично или полностью сорваны с петель крепления, выявлены деформации соединительных элементов, расстройство стыков (рис. 5).



Рис. 5. Состояние наружных стеновых панелей

Обследование показало, что выявленные дефекты и повреждения свидетельствуют о возможности обрушения конструкций, поэтому требуется немедленно разгрузить все несущие конструкции, предусмотреть их временное крепление, оградить опасную зону.

На основании фактических данных, полученных при обследовании, а также с учетом объема и опасности дефектов и повреждений, степени физического износа и ряда других факторов на момент обследования техническое состояние строительных конструкций надсилового этажа корпуса элеватора признано аварийным. Было рекомендовано демонтировать поврежденные конструкции согласно утвержденного проекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Серых И.Р., Чернышева Е.В., Дегтярь А.Н., Масягина Н.И., Серых В.Д. Причины повреждений балконных плит жилых домов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2024. №2. С. 16–23.
2. Серых И.Р., Чернышева Е.В., Гольцов А.Б. Обследование несущих конструкций главного корпуса консервного комбината // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. Т. 7. № 2. С. 30-37.
3. Serykh I. R., Chernysheva E. V., Degtyar A. N. Inspection of sugar factory brick wall. Innovations and Technologies in Construction (BUILDINTECH BIT 2021). Journal of Physics: Conference Series. 1926(2021)012006. С. 012006.
4. I. R. Serykh, E. V. Chernysheva, A. N. Degtyar Examination of the Safety of the Centrifuge Site of a Sugar Factory in the Belgorod Region in

Order to Assess the Technical Condition of Structures. Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Vol. 95. P. 92–99.

5. Серых И.Р., Чернышева Е.В., Дегтярь А.Н., Черноситова Е.С., Чернышева А.С. Экспертиза промышленной безопасности здания цеха ВЖС Шебекинского химического завода с целью оценки технического состояния конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 9. С. 55–61.

¹Серых В.Д., студент,

²Дегтярь Д.А., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

³Серых И.Р.

¹*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия*

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

³*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОПАСНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ТРЕЩИН

При обследовании зданий и сооружений одним из самых часто выявляемых вариантов повреждений являются трещины в несущих стенах [1, 2]. Подобный дефект не только отрицательно влияет на внешний вид сооружения, но и, главным образом, снижает эксплуатационные качества внешних ограждающих конструкций, их остаточный ресурс [3, 4], а зачастую может свидетельствовать о том, что здание находится в аварийном состоянии.

Причины возникновения таких трещин могут быть различны:

1. Неравномерная осадка смежных участков несущих стен в следствие возведения пристроек, надстроек, замачивания грунтового основания техногенными водами или отрывки котлована в непосредственной близости от существующего сооружения. Заделывать такие трещины целесообразно только после полного прекращения осадки и усиления поврежденных конструкций.

2. В следствие перегрузки несущих конструкций. Подобные трещины являются наиболее опасными и могут свидетельствовать об аварийном состоянии конструкций, поэтому в обязательном порядке требуют усиления.

3. В следствие температурных деформаций, причиной которых является межсезонные колебания температуры окружающей среды.

Рассмотрим более детально первый вариант на примере образования вертикальной трещины между основным зданием и пристройкой станции обезжелезивания воды, расположенной в Белгородской области (рис. 1).

Основное здание было введено в эксплуатацию в 1972 г. и представляло собой одноэтажное нежилое помещение общей площадью 230 м². Пристройка площадью 34 м² была возведена через 22 года в 1994 г. Район строительства относится ко ПВ климатической зоне, средняя расчетная зимняя температура воздуха – 23 °С, глубина промерзания грунта 1,2 м. Ограждающие конструкции здания испытывают циклическое воздействие суточного и сезонного изменения температуры наружного воздуха, подвержены атмосферным воздействиям.



Рис. 1. Общий вид здания станции обезжелезивания

В ходе проведения визуально-инструментального обследования было установлено:

- фундамент под стены ленточный, железобетонный, класс бетона В25;
- наружные стены толщиной 510 мм, выполнены из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе.

Для определения конструкции фундамента, его геометрических характеристик, глубины заложения и состояния на момент проведения обследования, у стен здания были открыты контрольные шурфы: в месте стыка основной постройки и пристройки и у дальней стены пристройки. В результате было выявлено:

- под стенами здания устроен ленточный фундамент;
- фундамент выполнен из бетона;
- глубина заложения бетонного фундамента основного здания от уровня земли, 0,9м, пристройки – 0,5м;
- гидроизоляция отсутствует;
- за годы эксплуатации произошла стабилизации грунта под нагрузкой, неравномерной осадки фундамента основного здания не выявлено;

При обследовании здания пристройки было выявлено образование сквозной щели между стеной основного здания и пристройки по всей высоте соприкосновения с раскрытием от 5 мм и до более, чем 3 см (рис. 2).



Рис. 2. Образование трещины между основным зданием и пристройкой

В качестве возможной причины образования трещин можно предположить: более мелкое заложение фундамента пристройки по сравнению с основным зданием, в результате чего произошла усадка фундамента пристройки с последующим образованием трещин.

Техническое состояние несущих стен пристройки здания станции обезжелезивания воды оценивается, как *ограниченно-работоспособным*, согласно [5]. Необходимо выполнить деформационные швы в местах стыка пристройки и основного здания, а также провести ряд мероприятий по предотвращению дальнейшего увеличения трещины. Кроме того, рекомендуется наблюдение за трещинами в течение всего периода эксплуатации здания; выполнять технический мониторинг, что позволит определять интенсивность развития трещин (то есть их расширения) за конкретный период.

Дальнейшая нормальная эксплуатация обследуемого здания станции обезжелезивания воды по его основному функциональному назначению в соответствии с нормативными требованиями возможна при условии устранения всех дефектов и повреждений; ликвидации причин, вызвавших нынешнее состояние элементов здания; приведения конструкций здания в работоспособное состояние в соответствии с требованиями действующих норм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Serykh I. R., Chernysheva E. V., Degtyar A. N. Inspection of sugar factory brick wall. Innovations and Technologies in Construction (BUILDINTECH BIT 2021). Journal of Physics: Conference Series. 1926(2021)012006. С. 012006.
2. Серых И.Р., Чернышева Е.В., Серых В.Д. Экспертиза промышленной безопасности дымовой трубы // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2025. № 3. С. 8–16.

3. Дегтярь А.Н., Серых И.Р., Панченко Л.А., Чернышева Е.В. Остаточный ресурс конструкций зданий и сооружений // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2017. № 10. С. 94-97.

4. Дегтярь А.Н., Серых И.Р., Чернышева Е.В., Панченко Л.А. Экспертиза промышленной безопасности здания насосной нефтебазы Белгородской области с целью оценки ее остаточного ресурса // Безопасность в строительстве: матер. III Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: изд-во СПбГАСУ, 2017. С. 41-45.

5. СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.

Шевря С.А., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Шаповалов С.М.**

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

АНАЛИЗ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ МНОГОСЛОЙНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Многослойные деревянные конструкции широко используются в строительстве благодаря своей легкости, прочности и эстетическим качествам. Однако под влиянием внешних факторов со временем возникает необходимость в капитальном ремонте. В последние годы появился ряд инновационных решений, направленных на увеличение срока службы таких конструкций, однако многие из них имеют недостатки, требующие устранения для повышения эффективности [1–4, 13-14]. В данной статье рассматриваются современные методы ремонта и предлагаются пути их совершенствования.

Инновационные решения в капитальном ремонте многослойных деревянных конструкций представлены на рис. 1.



Рис. 1. Инновационные решения при капитальном ремонте многослойных деревянных конструкций

Анализ рис. 1 позволяет выделить следующие направления:

1. Модернизированные адгезивные технологии – применение клеевых систем нового поколения с высокой прочностью и водоотталкивающими свойствами, что повышает надежность соединений [5].

2. Наносимые защитные покрытия – использование наноматериалов, увеличивающих устойчивость древесины к влаге, грибкам и вредителям [6].

3. Технологии инъекционного ремонта – устранение дефектов древесины с сохранением ее структуры и продлением срока эксплуатации [7].

4. Системы мониторинга состояния конструкций – внедрение датчиков и IoT-решений для непрерывного контроля и прогнозирования необходимости ремонта [8].

5. Эко-материалы – применение экологически чистых материалов, соответствующих принципам устойчивого строительства [9,12].

6. Технологии нанообработки древесины – использование специальных составов для улучшения физико-химических свойств материала.

7. Композитные материалы – усиление конструкций материалами на основе полимеров и древесины, обладающими высокой прочностью и стойкостью [10,15].

8. Покрытия с защитным эффектом – напыления, содержащие биоциды, для защиты от грибка и насекомых.

9. Адаптивные системы мониторинга – использование датчиков для своевременного выявления проблем и проведения ремонтных работ.

10. 3D-печать компонентов – создание высокоточных деталей, сокращающее время и затраты на ремонт.



Рис. 2. Недостатки внедрения и функционирования существующих методик при капитальном ремонте многослойных деревянных конструкций

Выявлены следующие недостатки современных методик:

1. Высокая стоимость – ограничивает широкое внедрение инновационных решений [4. 16].

2. Недостаточная осведомленность специалистов – приводит к ошибкам при применении новых технологий [11].

3. Недостаток информации и опыта – отсутствие данных о долговечности и эффективности новых материалов [4].

4. Сложность в применении – необходимость специализированного оборудования и технологий [3].

5. Экологические риски – потенциальное негативное воздействие на окружающую среду [9].

6. Ограниченные испытания и сертификация – длительные процессы замедляют внедрение инноваций [1].

7. Подверженность старению технологий – необходимость повторного ремонта в короткие сроки.

Рекомендации по устранению недостатков:

1. Упрощение технологий и разработка доступных решений [3].

2. Инвестирование в экологически чистые материалы [9].

3. Разработка долгосрочных планов эксплуатации и ремонта.

4. Обучение и повышение квалификации специалистов [11].

5. Разработка программ поддержки для малых и средних предприятий.

6. Ускорение процессов испытаний и сертификации [1].

7. Проведение дополнительных исследований для улучшения знаний о материалах [2].

8. Стимулирование разработки экономически доступных решений [4].

9. Предварительная оценка экологической устойчивости технологий.

Инновационные решения в капитальном ремонте многослойных деревянных конструкций способствуют повышению их долговечности и качества. Однако для эффективного внедрения необходимо устранить существующие недостатки через образовательные программы, сертификацию и экологически ориентированные подходы. Дальнейшее развитие методов ремонта должно сочетать современные технологии с принципами устойчивого развития.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 64.13330.2017 Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80.

2. Иванов, А.В. Современные тенденции в ремонте и реконструкции деревянных конструкций// Строительные материалы. – 2020. № 5. С. 45-49.

3. Петров, С.К. Проблемы и перспективы применения инновационных материалов в строительстве // Академия. Архитектура и строительство. 2021. № 2. С. 112-115.

4. Семенов, И.Л. Анализ барьеров внедрения инновационных технологий в строительстве // Экономика строительства. 2021. № 3. С. 67-73.

5. Кузнецов, Д.И. Исследование прочности клеевых соединений в многослойных деревянных конструкциях // Вестник гражданских инженеров. 2022. № 3(86). С. 78-85.

6. Лебедева, Е.Н. Защитные покрытия на основе наноматериалов для древесины // Наука и техника. 2021. № 4. С. 56-61.

7. Рыбаков, В.П. Технологии инъекционного ремонта деревянных конструкций // Жилищное строительство. 2019. № 8. С. 33-37.

8. Ткаченко, А.А. Применение 3D-печати в ремонте строительных конструкций // Инновации в строительстве. 2023. № 1(42). С. 25-30.

9. Совет по экологическому строительству. Стандарт экологической безопасности строительных материалов. М., 2020.

10. Васильев, Г.С. Композитные материалы для усиления строительных конструкций // Строительная механика и расчет сооружений. 2020. № 5. С. 44-49.

11. Федоров, Р.О. Подготовка кадров для внедрения новых строительных технологий // Высшее образование в России. 2022. № 31(1). С. 151-159.

12. Бескоровайный В.В., Шаповалов С.М. Примеры использования экологических инноваций при реконструкции ландшафтно-рекреационных зон // Сборник докладов VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня образования БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2024. Изд-во БГТУ. 2024. С. 255-258.

13. Бузун М.А., Шаповалов С.М. Вероятностные методы при проектировании капитального ремонта и реконструкции здания // Сборник материалов XI Международной заочной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Великой Победы. В двух частях. Том 1. Под редакцией С.А. Михайличенко, Ю.Ю. Буряка. Белгород, 2019. Изд-во БГТУ. 2024. С. 125-129.

14. Есипов С.М., Глабец П.А., Тарасов М.В. К вопросу проведения обследования конструкций зданий, подлежащих капитальному ремонту с целью определения действительного физического износа // Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова. Том 1. Белгород, 2023 Изд-во БГТУ. 2003. С. 214-218.

15. Есипов С.М. Композитные материалы для усиления строительных конструкций // VII Международный Молодежный Форум "Образование, Наука, Производство". Изд-во БГТУ. 2015. С. 2475-2479.

16. Шаповалов С.М. Минеральные бетоны из скальных пород КМА для оснований автомобильных дорог: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05; защищена 06.12.2006; утв. 16.03.2007 // Шаповалов Сергей Михайлович. – Белгород, 2006. 22 с.

Шевьера С.А., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Шаповалов С.М.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ВОССТАНОВЛЕНИЮ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В сфере реконструкции деревянных сооружений наблюдается значительная трансформация методологических подходов. Современные композитные технологии открывают новые возможности для восстановления и усиления несущей способности конструкций, сохраняя при этом их архитектурную аутентичность [1-15].

Ключевые типы армирующих материалов

Современный рынок предлагает несколько категорий усиливающих материалов, некоторые из которых приведены на рис. 1. Углеродные волокна демонстрируют превосходные прочностные характеристики, достигающие 4000 МПа, что делает их незаменимыми для ответственных участков конструкций. Стекловолоконные композиты, обладая умеренными прочностными показателями, остаются экономически эффективным решением для многих проектов. Базальтовые волокна занимают промежуточное положение, сочетая достойные прочностные свойства с повышенной термостойкостью [3-6].

Технологические аспекты монтажа. Процесс усиления включает несколько критически важных этапов. Подготовительная стадия предполагает тщательную обработку поверхности с удалением поврежденных участков и созданием оптимальной шероховатости для обеспечения адгезии. Особое внимание уделяется очистке и грунтованию поверхностей [7, 8].

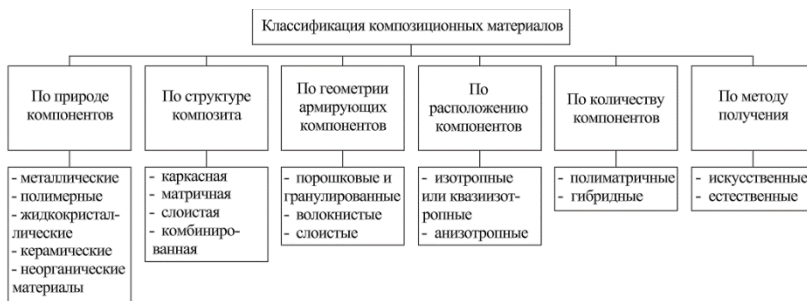


Рис. 1. Классификация композитных материалов для усиления деревянных конструкций

Современная практика предлагает два основных метода монтажа. «Мокрый» способ предусматривает послойное нанесение эпоксидных составов и армирующих тканей непосредственно на объекте. Альтернативный «сухой» метод предполагает использование готовых ламинатов заводского изготовления, что обеспечивает стабильность качества, но ограничивает возможности работы со сложными поверхностями.

Специфика работы с деревянными конструкциями. При усилении деревянных сооружений необходимо учитывать их структурные особенности. Композитные материалы эффективно компенсируют природную анизотропию древесины, обеспечивая направленное усиление в зонах максимальных напряжений. Значительным преимуществом является способность композитов ограничивать деформации ползучести и минимизировать риски, связанные с влажностными колебаниями [9, 10].

Практическая реализация. Реальные проекты демонстрируют высокую эффективность композитных решений. При реконструкции арочных систем успешно применяется технология наклейки углеродных ламелей в растянутых зонах. Восстановление балок осуществляется посредством армирования углеродными тканями, что позволяет компенсировать последствия биологических поражений и эксплуатационных перегрузок (табл. 1). Особого внимания заслуживает практика локального усиления соединений и узлов, значительно повышающая общую надежность конструкций.

Преимущества и ограничения. К числу неоспоримых преимуществ технологии относится минимальное увеличение массы конструкций, редко превышающее 5 %. Высокая коррозионная стойкость и возможность монтажа без привлечения тяжелой техники делают эти

решения особенно востребованными при работе с объектами культурного наследия [11, 12, 14].

Таблица 1

**Преимущества и ограничения методик по восстановлению
деревянных конструкций**

Преимущества	Ограничения
Минимальное увеличение массы конструкций	Различие термических характеристик древесины
Высокая коррозионная стойкость	Долговечность системы
Возможность монтажа без привлечения тяжелой техники	Необходимость дополнительной огнезащиты

Однако существуют и определенные ограничения. Различие термических характеристик древесины и композитов требует тщательного расчета. Долговечность системы в значительной степени зависит от качества адгезионного соединения, что подчеркивает важность соблюдения технологических нормативов. Необходимость дополнительной огнезащиты также представляет определенную сложность.

Перспективы развития. Дальнейшее совершенствование технологии связано с разработкой специализированных адгезионных систем и созданием комплексных методик оценки долговечности [13]. Интеграция традиционных подходов с инновационными композитными решениями формирует надежную основу для сохранения деревянных конструкций, отвечая современным требованиям безопасности и эффективности. Накопление практического опыта и развитие нормативной базы будут способствовать расширению применения композитных технологий в реставрационной практике [16, 17].

Заключение. Применение композитных материалов для восстановления деревянных конструкций представляет собой перспективное направление, гармонично сочетающее инновационные технологии с традиционными подходами в реставрации. Анализ существующих методик усиления демонстрирует их высокую эффективность в решении широкого спектра задач – от восстановления несущей способности отдельных элементов до комплексного укрепления сложных архитектурных систем.

Особого внимания заслуживает способность композитных технологий обеспечивать:

1. Сохранение исторического облика объектов при значительном улучшении их эксплуатационных характеристик.
2. Минимальное вмешательство в структуру оригинальных конструкций.

3. Долговечность и надежность выполненных усилений.

4. Экономическую целесообразность по сравнению с традиционными методами реконструкции.

Перспективы развития данного направления связаны с совершенствованием адгезионных составов, специализированных для работы с древесиной различных пород, разработкой стандартизированных методик расчета и проектирования усиления, а также созданием комплексных систем мониторинга состояния усиленных конструкций в процессе эксплуатации.

Не менее важным представляется накопление и систематизация практического опыта применения композитных материалов в различных климатических условиях и для разных типов конструкций. Это позволит оптимизировать существующие технологические процессы и расширить область применения композитных усиления.

Интеграция композитных технологий в практику реставрации и реконструкции открывает новые возможности для сохранения архитектурного наследия, позволяя продлить срок службы исторических сооружений на десятилетия, обеспечивая при этом соответствие современным требованиям безопасности и надежности. Дальнейшее развитие этого направления будет способствовать формированию нового подхода к сохранению деревянных конструкций, основанного на принципах научной обоснованности, технологической эффективности и максимального сохранения подлинности исторических материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романов А.А. Инновационные технологии в строительстве: современные подходы к ремонту деревянных конструкций // Строительные материалы и технологии. 2019. № 7(3). С. 115-123.

2. Кузнецов И.В. Современные методы ремонта многослойных деревянных конструкций // Журнал строительных технологий. 2020. № 5(2). С. 40-47.

3. Сидорова М.Е., Петров Ю.Н. Использование композитных материалов для ремонта деревянных конструкций: опыт и перспективы // Наука и техника. 2021. № 21(4). С. 88-95.

4. Иванов К.Л. Углепластики в строительстве: свойства и применение // Композитные материалы в строительстве. 2021. № 2. С. 45-52.

5. Петрова Е.С. Технологии внешнего армирования строительных конструкций // Строительная механика и расчет сооружений. 2020. № 4. С. 78-85.

6. Николаев Д.В. Базальтопластики в строительстве: свойства и применение // Инновационные материалы. 2022. № 4. С. 67-74.
7. Григорьев Д.С. Повышение прочности многослойных деревянных конструкций с использованием инновационных решений // Технические науки и инновации. 2022. № 8(1). С. 65-72.
8. СП 64.13330.2017 Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. М.: Минстрой России, 2017. 86 с.
9. Лебедев А.С. Новый подход к диагностике и ремонту деревянных конструкций // Защита зданий и сооружений. 2018. № 3(1). С. 90-98.
10. Ковалев С.В. Инновационные материалы для усиления древесины: от теории к практике // Техника и технологии в строительстве. 2022. № 6(2). С. 110-117.
11. Семенов Р.А. Экономическая эффективность применения композитных материалов в строительстве // Экономика строительства. 2022. № 1. С. 56-63.
12. Березин И.Р. Модернизация капитального ремонта деревянных зданий // Строительство и архитектура. 2023. № 10(2). С. 75-83.
13. Михайлов П.А. Экологические аспекты ремонта деревянных зданий // Журнал экологической безопасности. 2021. № 12(1). С. 33-39.
14. Бескорвайный В.В., Шаповалов С.М. Примеры использования экологических инноваций при реконструкции ландшафтно-рекреационных зон // Сборник докладов VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня образования БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2024. Изд-во БГТУ. 2024. С. 255-258.
15. Есипов С.М., Глабец П.А., Тарасов М.В. К вопросу проведения обследования конструкций зданий, подлежащих капитальному ремонту с целью определения действительного физического износа // Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова. Том 1. Белгород, 2023 Изд-во БГТУ. 2003. С. 214-218.
16. Есипов С.М. Композитные материалы для усиления строительных конструкций // VII Международный Молодежный Форум "Образование, Наука, Производство". Изд-во БГТУ. 2015. С. 2475-2479.
17. Шаповалов С.М. Минеральные бетоны из скальных пород КМА для оснований автомобильных дорог: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05; защищена 06.12.2006; утв. 16.03.2007 // Шаповалов Сергей Михайлович. – Белгород, 2006. 22 с.

Шевря С.А., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Шаповалов С.М.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ: АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

В статье рассматриваются современные материалы и технологии, используемые для усиления деревянных конструкций. Проведен сравнительный анализ четырех основных групп материалов: углеродного волокна, прозрачной древесины, термомодифицированной древесины и древесно-полимерных композитов. Особое внимание уделено оценке их эффективности, долговечности и экологической безопасности [1-3, 16, 17].

В контексте устойчивого развития и экологичного строительства древесина приобретает новое значение как перспективный конструкционный материал. Многослойные деревянные системы, включая CLT-панели и конструкции из клееного бруса, демонстрируют отличные эксплуатационные характеристики, однако требуют применения современных решений для усиления. Актуальность вопроса обусловлена необходимостью повышения несущей способности и долговечности деревянных конструкций при сохранении их экологических преимуществ [4-6, 18]. На данный момент же существуют различные методы защиты и усиления деревянных конструкций зданий, приведенные на рис. 1.

Основные материалы и их характеристики. Углеродное волокно отличается исключительными прочностными характеристиками при минимальной плотности. Прочность на растяжение достигает 2500-4000 МПа, что делает его лучшим решением для усиления наиболее нагруженных элементов конструкций. К преимуществам материала относятся высочайшее отношение прочности к весу, коррозионная стойкость и возможность монтажа без изменения архитектурного облика конструкций. Основными ограничениями являются высокая стоимость и значительный углеродный след при производстве [7-8].

Прозрачная древесина представляет собой инновационный композитный материал, получаемый путем делигнификации натуральной древесины с последующей пропиткой полимерными составами [9]. Материал сочетает механическую прочность со

светопропускающей способностью, открывая новые возможности в архитектурном проектировании. К преимуществам относятся многофункциональность, высокие теплоизоляционные характеристики и экологичность. Технологические ограничения включают сложности масштабирования производства и обеспечения долговечности [14-15].

Методы защиты и усиления деревянных конструкций зданий



Рис. 1. Методы защиты и усиления деревянных конструкций зданий

Термомодифицированная древесина производится путем термической обработки при температурах 150-230 °C [10]. Материал приобретает улучшенную устойчивость к биологическим поражениям и влажностным деформациям. Основные преимущества включают повышенную размерную стабильность, устойчивость к гниению и отсутствие химических реагентов в процессе обработки. К ограничениям относятся возможное снижение прочности при некоторых видах обработки и более высокая стоимость по сравнению с натуральной древесиной.

Древесно-полимерные композиты характеризуются высокой устойчивостью к влаге и биологическим поражениям [11]. Особый интерес представляет использование переработанных материалов в производстве. Преимущества включают высокую устойчивость к влажной среде, использование вторичного сырья и низкие эксплуатационные расходы. Основные ограничения связаны со склонностью к ползучести под нагрузкой и ограниченными прочностными характеристиками.

Сравнительный анализ и перспективы применения. Проведенный анализ позволяет определить оптимальные области применения каждого материала [12]. Углеродное волокно демонстрирует наилучшие результаты при усилении критически важных элементов, где требуются максимальные показатели прочности и жесткости. Прозрачная древесина представляет особый интерес для проектов, требующих сочетания конструкционных и светотехнических функций. Термоимпрегнированная древесина эффективна для повышения долговечности конструкций, эксплуатируемых в условиях переменной влажности. Древесно-полимерные композиты предлагают экономически эффективное решение для усиления конструкций в условиях повышенной влажности. Так же существуют области применения различных материалов для усиления показанные на рис. 2.



Рис. 2. Области применения различных материалов для усиления

Наиболее перспективным направлением развития представляется создание гибридных решений, комбинирующих преимущества различных материалов. Дальнейшее совершенствование технологий усиления деревянных конструкций должно быть направлено на снижение стоимости производства, разработку стандартизированных методов расчета и создание комплексных систем оценки долговечности.

Интеграция традиционных знаний о древесине с современными композитными технологиями создает прочную основу для развития нового направления в строительстве, сочетающего природную эстетику с высокими эксплуатационными характеристиками. Это открывает возможности для создания безопасных, прочных и экологичных зданий, отвечающих требованиям современной архитектуры и принципам устойчивого развития.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романов А.А. Инновационные технологии в строительстве: современные подходы к ремонту деревянных конструкций // Строительные материалы и технологии. 2019. № 7(3). С. 115-123.
2. Кузнецов И.В. Современные методы ремонта многослойных деревянных конструкций // Журнал строительных технологий. 2020. № 5(2). С. 40-47.
3. Сидорова М.Е., Петров Ю.Н. Использование композитных материалов для ремонта деревянных конструкций: опыт и перспективы // Наука и техника. 2021. № 21(4). С. 88-95.
4. Григорьев Д.С. Повышение прочности многослойных деревянных конструкций с использованием инновационных решений // Технические науки и инновации. 2022. № 8(1). С. 65-72.
5. Лебедев А.С. Новый подход к диагностике и ремонту деревянных конструкций // Защита зданий и сооружений. 2018. № 3(1). С. 90-98.
6. Ковалев С.В. Инновационные материалы для усиления древесины: от теории к практике // Техника и технологии в строительстве. 2022. № 6(2). С. 110-117.
7. Иванов К.Л. Углепластики в строительстве: свойства и применение // Композитные материалы в строительстве. 2021. № 2. С. 45-52.
8. Семенов Р.А. Экономическая эффективность применения композитных материалов в строительстве // Экономика строительства. 2022. № 1. С. 56-63.
9. Николаев Д.В. Прозрачная древесина: получение и свойства // Инновационные материалы. 2023. № 3. С. 112-118.
10. Васильев П.С. Термическая модификация древесины: технология и свойства // Деревообработка: технологии и оборудование. 2019. № 4. С. 23-29.
11. Соколов И.Р. Древесно-полимерные композиты: состав и свойства // Пластические массы. 2022. № 1. С. 28-34.
12. Березин И.Р. Модернизация капитального ремонта деревянных зданий // Строительство и архитектура. 2023. № 10(2). С. 75-83.
13. Михайлов П.А. Экологические аспекты ремонта деревянных зданий // Журнал экологической безопасности. 2021. № 12(1). С. 33-39.
14. Бескорвайный В.В., Шаповалов С.М. Примеры использования экологических инноваций при реконструкции ландшафтно-рекреационных зон // Сборник докладов VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня образования БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2024. Изд-во БГТУ. 2024. С. 255-258.
15. Бузун М.А., Шаповалов С.М. Вероятностные методы при проектировании капитального ремонта и реконструкции здания //

Сборник материалов XI Международной заочной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Великой Победы. В двух частях. Том 1. Белгород, 2019. Изд-во БГТУ. 2024. С. 125-129.

16. Есипов С.М., Глабец П.А., Тарасов М.В. К вопросу проведения обследования конструкций зданий, подлежащих капитальному ремонту с целью определения действительного физического износа // Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова. Том 1. Белгород, 2023 Изд-во БГТУ. 2003. С. 214-218.

17. Есипов С.М. Композитные материалы для усиления строительных конструкций // VII Международный Молодежный Форум "Образование, Наука, Производство". Изд-во БГТУ. 2015. С. 2475-2479.

18. Шаповалов С.М. Минеральные бетоны из скальных пород КМА для оснований автомобильных дорог: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05; защищена 06.12.2006; утв. 16.03.2007 // Шаповалов Сергей Михайлович. – Белгород, 2006. 22 с.

Шевря С.А., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Шаповалов С.М.

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В контексте устойчивого строительства наблюдается растущий интерес к деревянным конструкциям как экологичной альтернативе традиционным материалам. Многослойные системы, такие как CLT-панели и конструкции из клееного бруса, обладают значительным потенциалом для среднего и высотного строительства. Однако природные ограничения древесины требуют разработки эффективных методов усиления [1-3, 15]. В статье проводится сравнительный анализ четырех перспективных материалов: углеродного волокна, прозрачной древесины, термомодифицированной древесины и древесно-полимерных композитов. Исследование базируется на оценке механических характеристик, долговечности, технологичности, экономической эффективности и экологичности каждого решения [16, 17].

Глобальный тренд на устойчивое развитие обуславливает возврат к древесине как возобновляемому строительному материалу с отрицательным углеродным следом. Многослойные деревянные

конструкции, в особенности Cross-Laminated Timber (CLT), демонстрируют превосходные прочностные характеристики, стабильность размеров и сейсмостойкость. Тем не менее, анизотропия, гигроскопичность и склонность к ползучести ограничивают их применение в большепролетных и ответственных конструкциях [18].

Актуальность усиления деревянных элементов обусловлена необходимостью:

- увеличения несущей способности существующих конструкций;
- расширения пролетов балок и перекрытий;
- повышения сейсмической устойчивости;
- компенсации природных дефектов древесины.

Методология исследования

Для объективного сравнения материалов разработана система критериев [4]:

1. Механическая эффективность – способность повышать прочность и жесткость конструкций;
2. Эксплуатационная долговечность – устойчивость к факторам окружающей среды;
3. Технологичность применения – сложность монтажа и необходимость специального оборудования;
4. Экономическая целесообразность – соотношение цена/качество и стоимость монтажа;
5. Экологический профиль – влияние на жизненный цикл конструкции [14].

Результаты анализа. Углеродное волокно (CFRP).

Углеволоконные композиты демонстрируют наивысшие показатели прочности при минимальном весе [5]. Применяются в виде ламелей, тканей и нитей для внешнего армирования.

Преимущества:

- прочность на растяжение до 4800 МПа [6];
- коррозионная стойкость;
- минимальное увеличение массы конструкции.

Ограничения:

- высокая стоимость [7];
- энергоемкое производство;
- сложность утилизации.

1. Прозрачная древесина. Инновационный композит, получаемый путем делигнификации с последующей пропиткой полимерами [8]. Сочетает оптическую прозрачность с механической прочностью.

Преимущества:

- прочность в 5 раз выше, чем у стекла [9];

- низкая теплопроводность (0,23 Вт/м·К);
- биоразлагаемость базовых компонентов.

Ограничения:

- ограниченная толщина образцов (до 10 мм);
- высокая стоимость производства;
- проблемы масштабирования.

2. Термомодифицированная древесина. Продукт термической обработки при 150-230 °С с изменением химического состава целлюлозы [10].

Преимущества:

- снижение равновесной влажности на 40-50 % [11];
- повышение биостойкости;
- отсутствие химических реагентов.

Ограничения:

- снижение ударной вязкости на 15-20 %;
- ограниченная цветовая палитра;
- высокая стоимость (в 2-3 раза выше натуральной древесины).

4. Древесно-полимерные композиты (ДПК). Гетерофазные системы на основе древесной муки и полимерной матрицы [12].

Преимущества:

- устойчивость к влаге и УФ-излучению [13];
- использование вторичного сырья;
- низкие эксплуатационные расходы.

Ограничения:

- ползучесть при длительном нагружении;
- ограниченная прочность на изгиб;
- термическое расширение.

Таблица 1

Сравнительные характеристики материалов для усиления

Параметры ДПК	Углеродное волокно	Прозрачная древесина	Термодревесина	ДПК
Предел прочности, МПа	4800	150	80	40
Модуль упругости, ГПа	230	10	12	5
Стойкость к влаге	Высокая	Средняя	Высокая	Очень высокая
Срок службы, лет	50+	25+	30+	20+
Стоимость	Очень высокая	Высокая	Средняя	Низкая
Экологичность	Низкая	Высокая	Высокая	Средняя

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

1. Углеродное волокно остается оптимальным решением для критически важных конструкций, требующих максимального усиления.

2. Прозрачная древесина представляет интерес для специализированных применений, где требуются мультифункциональные свойства.

3. Термомодифицированная древесина эффективна для повышения долговечности конструкций в агрессивных средах.

4. ДПК являются экономичным решением для ненагруженных элементов и условий повышенной влажности.

Перспективным направлением представляется разработка гибридных систем, комбинирующих различные материалы для достижения оптимального баланса между прочностью, долговечностью и стоимостью. Дальнейшие исследования должны быть направлены на снижение стоимости инновационных материалов и разработку стандартов их применения в строительстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романов А.А. Инновационные технологии в строительстве: современные подходы к ремонту деревянных конструкций // Строительные материалы и технологии. 2019. № 7(3). С. 115-123.

2. Кузнецов И.В. Современные методы ремонта многослойных деревянных конструкций // Журнал строительных технологий. 2020. № 5(2). С. 40-47.

3. Сидорова М.Е., Петров Ю.Н. Использование композитных материалов для ремонта деревянных конструкций: опыт и перспективы // Наука и техника. 2021. № 21(4). С. 88-95.

4. Ковалев С.В. Инновационные материалы для усиления древесины: от теории к практике // Техника и технологии в строительстве. 2022. № 6(2). С. 110-117.

5. Иванов К.Л. Углепластики в строительстве: свойства и применение // Композитные материалы в строительстве. 2021. № 2. С. 45-52.

6. ГОСТ Р 57864-2017 Композиты полимерные. Углеродные волокна. Методы испытаний на растяжение. М.: Стандартинформ, 2017. 24 с.

7. Семенов Р.А. Экономическая эффективность применения композитных материалов в строительстве // Экономика строительства. 2022. № 1. С. 56-63.

8. Николаев Д.В. Прозрачная древесина: получение и свойства // Инновационные материалы. 2023. № 3. С. 112-118.

9. СП 64.13330.2017 Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. М.: Минстрой России, 2017. 86 с.

10. Васильев П.С. Термическая модификация древесины: технология и свойства // Деревообработка: технологии и оборудование. 2019. № 4. С. 23-29.

11. Лебедева Т.Н. Влияние термомодификации на свойства древесины // Лесной вестник. 2020. № 3. С. 89-95.

12. Соколов И.Р. Древесно-полимерные композиты: состав и свойства // Пластические массы. 2022. № 1. С. 28-34.

13. ГОСТ 33955-2016 Композиты древесно-полимерные. Общие технические условия. М.: Стандартиформ, 2016. 18 с.

14. Бескоровайный В.В., Шаповалов С.М. Примеры использования экологических инноваций при реконструкции ландшафтно-рекреационных зон // Сборник докладов VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня образования БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2024. Изд-во БГТУ. 2024. С. 255-258.

15. Бузун М.А., Шаповалов С.М. Вероятностные методы при проектировании капитального ремонта и реконструкции здания // Сборник материалов XI Международной заочной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Великой Победы. В двух частях. Том 1. Под редакцией С.А. Михайличенко, Ю.Ю. Буряка. Белгород, 2019. Изд-во БГТУ. 2024. С. 125-129.

16. Есипов С.М., Глабец П.А., Тарасов М.В. К вопросу проведения обследования конструкций зданий, подлежащих капитальному ремонту с целью определения действительного физического износа // Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова. Том 1. Белгород, 2023 Изд-во БГТУ. 2003. С. 214-218.

17. Есипов С.М. Композитные материалы для усиления строительных конструкций // VII Международный Молодежный Форум "Образование, Наука, Производство". Изд-во БГТУ. 2015. С. 2475-2479.

18. Шаповалов С.М. Минеральные бетоны из скальных пород КМА для оснований автомобильных дорог: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05; защищена 06.12.2006; утв. 16.03.2007 // Шаповалов Сергей Михайлович. – Белгород, 2006. 22 с.

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ, ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Бредова А.Е., студент,
Стрельников В.С., студент

Научный руководитель: ст. преп.
Дорожкина Е.А.

*Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, Москва, Россия*

СВЕТООТРАЖАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОТДЕЛКИ ФАСАДОВ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ СВЕТОВОЙ СРЕДЫ

Современные города сталкиваются с трудностями в экономии энергии и создании удобного освещения. Вопросы оптимизации световой среды имеют первостепенное значение при формировании качественной городской застройки. Наиболее остро рассматривается поиск компромиссного решения соблюдения норм инсоляции и естественного освещения с одной стороны и солнцезащиты с другой [1, 2].

Одним из решений является применение светоотражающих материалов в отделке фасадов. Материалы для отделки влияют на световую среду, создавая эффект свечения и за счет этого, улучшая естественное освещение. Эти материалы отражают световые лучи, что позволяет использовать солнечный свет для освещения помещений и элементов здания [3].



Рис. 1. Варианты решения фасадов из светоотражающих материалов

Принцип работы светоотражающих материалов строится на физических свойствах света: как известно, все различные поверхности по-разному способны отражать свет.

Выделяют три типа отражения света: диффузное, зеркальное и световозвращающее. В случае диффузного большая часть светового потока (около 90 %) отражается от поверхности в направлении, отличном от первоначального. Такой вариант отражения характерен для шероховатых поверхностей. Зеркальное отражение напротив характерно для гладких поверхностей с большим коэффициентом отражения. Световые лучи в этом случае отражаются от поверхности под углами, близкими к первоначальным.

вариант, при котором практически весь световой поток, падающий на поверхность, отражает от нее обратно в направлении источника света называется световозвращением. Световозвращение может быть реализовано с помощью призмы или стеклянного шарика. Практически эффект световозвращения реализуется с помощью материалов с эффектом «световозвращения».

Выделяют следующие виды светоотражающих материалов:

1. Светоотражающие краски – содержат микроскопические стеклянные шарики или металлические частицы, увеличивающие коэффициент отражения. Применяются в уличной инфраструктуре и архитектуре. Краска представляет собой универсальное лакокрасочное покрытие, применяемое в различных областях, в том числе и при окраске фасадов [4].

2. Светоотражающие панели – изготавливаются из композитных материалов (алюминий, поликарбонат) с зеркальным или матовым покрытием. Зеркальная алюминиевая пластина с ее высокой отражательной способностью, яркими цветами и легкостью очистки, препятствующая обрастанию, постепенно стала популярным выбором в области архитектурного декора. Он изменил архитектурный облик, создав атмосферу с уникальным модным шармом и привнеся новый эстетический стиль в современную архитектуру [5].

3. Светоотражающие фасады (стеклянные фасады с напылением) – Используются в современных небоскребах. Напыление оксидов металлов (TiO_2 , Ag) улучшает светоотражение. Светоотражающие фасады направленно отражают солнечный свет на затененные участки фасадов соседних зданий [4].

Светоотражающие материалы работают по принципу зеркального или диффузного отражения, направляя свет в нужную сторону.

Защита от солнца для зданий с большой площадью остекления (офисных, административных, многоэтажных жилых комплексов).

Декоративное оформление фасадов, например, с помощью светоотражающих алюминиевых панелей, которые меняют облик здания и добавляют акцент.

Организация естественного освещения подземных залов вестибюлей с помощью систем светоотражающих зеркальных плоскостей.

Использование светоотражающих материалов в световой среде имеет ряд преимуществ. Светлые и отражающие поверхности уменьшают нагрев зданий, что особенно важно для мегаполисов. Фасады с высоким коэффициентом отражения рассеивают свет, снижая необходимость в дополнительных фонарях, что дает:

- энергоэффективность – снижение затрат на освещение;
- безопасность – улучшение видимости в темное время суток;
- эстетику – создание современных архитектурных решений.

В заключении можно сказать, что светоотражающие материалы – важный элемент современной архитектуры. Они улучшают энергоэффективность, безопасность и визуальную привлекательность городов. Дальнейшее развитие технологий позволит создавать еще более эффективные решения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стецкий, С. В. Повышение качества световой, акустической и инсоляционной среды в помещениях гражданских зданий с применением стационарных солнцезащитных устройств / С. В. Стецкий, Е. А. Дорожкина // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 2. – С. 193-198.

2. Курзина, О. О. Конструктивные методы обеспечения солнцезащиты в контексте современной архитектуры гражданского назначения / О. О. Курзина, А. А. Петрий, Е. А. Дорожкина // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства, Белгород, 14 апреля – 14 2022 года. Том 1. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 83-87.

3. Строительная компания «Олимпия» [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.skmsk.ru

4. Лицкевич В.К., Макриненко И.В., Мигалина И.В. и др. Архитектурная физика: Учеб. Для вузов: Спец. «Архитектура» - М.: «Архитектура-С», 2007. – 448 с.

Володина Е.В., студент,
Ларина В.Ю., студент,
Шалунов З.А., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Пирева С.Ю.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ РЕСУРСАМИ: РАЗБОР УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛАМИ И ТРУДОВЫМИ РЕСУРСАМИ

В современных условиях развития строительной отрасли эффективное управление ресурсами становится определяющим фактором успешной реализации проектов [1]. От грамотного распределения и использования всех видов ресурсов зависит не только качество конечного продукта, но и экономическая эффективность всего строительного процесса. Ресурсы в строительстве подразделяются на две основные группы: расходуемые (финансовые, материальные, энергетические, природные) и не расходуемые (информационные, трудовые, технические, организационно-технологические) [2].

Материально-техническое обеспечение строительства представляет собой сложный комплекс мероприятий, направленных на своевременное и полное обеспечение строительных объектов необходимыми материалами, конструкциями и изделиями [3]. Стоимость строительных материалов часто составляет более половины всех расходов на стройке, что подчеркивает особую важность их эффективного управления [3, 11].

Планирование материальных ресурсов начинается с анализа потребности на основе проектной документации [4]. При этом применяются: методы нормативного расчета (на основе типовых норм расхода материалов); компьютерные модели для прогнозирования потребности с учетом сезонности и рыночных колебаний [8]; BIM-технологии, позволяющие на этапе проектирования сформировать точную потребность в материалах с привязкой к календарному графику работ, что существенно снижает перерасход на стадии реализации [2, 8, 11].

Особое внимание уделяется созданию оптимальных запасов. Для расчета используются: модель EOQ (Economic Order Quantity) [3]; метод «минимума-максимума» с установлением точек заказа [3, 5]; ABC-анализ для классификации материалов по значимости (А – критически важные, В – средней важности, С – второстепенные) [3, 5].

Организация складского хозяйства включает: создание системы хранения с зонированием по типам материалов и срокам годности [5]; обеспечение надлежащих условий складирования (температура, влажность, защита от атмосферных воздействий) [5]; контроль движения материальных ценностей через учетные системы с использованием штрихкодирования или RFID-меток [8]; внедрение систем WMS (Warehouse Management System) для автоматизации складских операций [8].

Для эффективного управления материальными ресурсами необходимо: выбирать надежных поставщиков на основе рейтингования и аудита [3]; устанавливать долгосрочные договорные отношения с фиксацией цен и графиков поставок [3, 9]; определять оптимальный размер запасов с использованием математических моделей [3, 5]; контролировать качество поступающих материалов посредством входного контроля и сертификационных испытаний [3, 5]; минимизировать затраты на хранение за счет оптимизации складских площадей и логистики [3, 8]; внедрять систему JIT («точно в срок») для снижения складских издержек [3, 5].

Управление трудовыми ресурсами-ключевой аспект в строительной отрасли [6]. Система управления персоналом включает: подбор квалифицированных специалистов с учетом требований проекта (инженерно-технические работники, рабочие специальности, административно-управленческий персонал) [6]; организацию обучения и повышения квалификации в соответствии с актуальными стандартами и технологиями [6]; разработку системы мотивации и оплаты труда, учитывающей специфику строительных работ [6]; контроль производительности и качества работы через KPI и регулярные аттестации [6, 8]; обеспечение безопасных условий труда в соответствии с требованиями охраны труда [5, 6].

Современные практики: системы биометрического учета рабочего времени [8]; мобильные приложения для оперативного назначения задач [8]; программы корпоративного здоровья и лояльности [6]; кросс-функциональное обучение для снижения зависимости от узких специалистов [6]; цифровые платформы для удаленного обучения и аттестации [6, 8].

Эффективное использование техники достигается за счет: оптимизации парка машин с учетом специфики объектов [7]; выбора экономичных схем механизации [7]; повышения коэффициента использования через планирование смен [7]; регулярного технического обслуживания по графику ППР [7]; своевременного обновления парка с внедрением энергоэффективных машин [7, 8].

Ключевые показатели эффективности: коэффициент использования по времени (K_v) [7]; коэффициент использования по производительности (K_p) [7]; себестоимость машино-часа [7, 8].

Цифровые инструменты: телематические системы для отслеживания работы [7][8]; датчики расхода топлива с аналитикой [7, 8]; системы предиктивного обслуживания на базе IoT [7, 8]; аренда vs покупка- анализ целесообразности приобретения техники [7].

Финансовое управление. Основные направления: бюджетирование и контроль затрат – формирование смет, мониторинг отклонений [8, 9]; управление денежными потоками – синхронизация поступлений и платежей [8, 9]; оптимизация расходов – анализ статей затрат, поиск альтернатив [8]; финансовый анализ – расчет NPV, IRR, сценарное моделирование [8]; контроль сметной документации – проверка объемов и цен [8,9].

При бюджетном финансировании: аванс не более 30 % договорного объема [9]; ежемесячная оплата после подписания КС-2 и КС-3 [9].

Современные инструменты: блокчейн-платформы для расчетов [8]; ИИ для прогнозирования кассовых разрывов [8]; облачные сервисы для консолидации отчетности [8]; сценарное моделирование [8, 9].

Интеграция систем управления. Автоматизированные системы позволяют: отслеживать движение материалов (RFID, штрихкодирование) [8]; оптимизировать загрузку персонала и техники [8]; контролировать финансовые потоки через ERP [8]; анализировать эффективность на основе Big Data [8]; принимать решения с помощью BI-инструментов [8].

ПО для управления: Autodesk BIM 360 [2, 8]; Oracle Primavera [8]; Microsoft Project [8].

Устойчивое развитие и экология. Современные требования: использование вторичных материалов [2, 3]; энергосберегающие технологии [2, 7]; снижение углеродного следа [2, 7]; сертификация LEED/BREEAM [2].

Управление рисками. Угрозы и меры: сбои поставок- диверсификация поставщиков, страховые запасы [3, 5]; рост цен- фиксация-стоимости, хеджирование [3, 8]; дефицит кадров-программы лояльности, партнерство с вузами [6]; аварии техники-страхование, резервные единицы [7]; задержки платежей-кредитные линии, факторинг [8, 9].

Цифровизация и аналитика. Инструменты: BI-системы (Tableau, Power BI) [8]; Big Data для анализа исторических данных [8]; цифровые

дашборды с КРІ [8]; BIM-моделирование для прогнозирования потребностей [2, 8].

Успешное управление ресурсами в строительной отрасли требует комплексного подхода, учитывающего взаимосвязь всех компонентов ресурсного потенциала [10]. Только при грамотном сочетании методов управления материальными, трудовыми, техническими и финансовыми ресурсами возможно достижение максимальной эффективности строительного производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации: [федер. закон: принят Гос. Думой 29 дек. 2004 г.: по состоянию на 13.06.2023]
2. Павлов, А. С. Экономика строительства: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / А. С. Павлов. – Москва: Юрайт, 2015. – 452 с.
3. Экономика строительства: в 2 ч. / под ред. Ю. Н. Казанского, Ю. П. Панибратова. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2003–2004. – Ч. 1–2.
4. Горемыкин, В. А. Экономика недвижимости: учебник для академического бакалавриата / В. А. Горемыкин. – Москва: Юрайт, 2016. – 703 с.
5. Черняк, В. З. Строительные уроки русских мастеров: из истории экономики строительного дела / В. З. Черняк. – Москва: URSS, 2010. – 288 с.
6. Опарина, Л. А. Основы ресурсо- и энергосбережения в строительстве: учебное пособие / Л. А. Опарина. – Иваново: ПресСто, 2014. – 124 с.
7. СНиП 12-01-2004 Организация строительства: актуализированная редакция СНиП 12-01-2004. – Москва, 2020.
8. СП 48.13330.2019 Организация строительства: актуализированная редакция СНиП 12-01-2004. – Москва, 2019.
9. Методические рекомендации по определению стоимости строительной продукции.
10. Управление строительной организацией: современные подходы и решения / под ред. А. Н. Ларио. – Москва: Стройиздат, 2018. – 324 с.
11. Крючков, А. А. BIM-технологии в управлении материальными ресурсами: от проектирования к реализации / А. А. Крючков // Автоматизация и IT в строительстве. – 2022. – № 4 (22). – С. 15–22.

Кретьова В.С., аспирант

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Ильина Т.Н.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

РОЛЬ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ ЗДАНИЯ

Современные здания представляют собой сложные технико-экономические комплексы, в которых инженерные системы выступают ключевыми факторами функциональности, безопасности и комфорта. Технические системы составляют значительную часть капитальных затрат и в наибольшей степени определяют будущие эксплуатационные расходы. Из-за ужесточения требований к энергоэффективности, экологической безопасности и ресурсосбережению объектов капитального строительства (ОКС) актуальна проблема комплексной работы инженерных систем, функционирующих на всем протяжении жизненного цикла здания.

Здания оснащаются множеством систем, которые можно классифицировать по функциональному назначению:

- электроснабжение;
- ОВиК (отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха);
- водоснабжение и водоотведение;
- системы безопасности и связи;
- системы управления, автоматизации и диспетчеризации [1].

Технические системы взаимосвязаны друг с другом и обеспечивают надежную и эффективную эксплуатацию ОКС на протяжении всего жизненного цикла.

«Жизненный цикл здания или сооружения - период, в течение которого выполняются инженерные изыскания, осуществляются архитектурно-строительное проектирование, строительство (в том числе консервация), эксплуатация (в том числе текущие ремонты), реконструкция, капитальный ремонт, снос здания или сооружения» [2].

Жизненный цикл объекта капитального строительства здания можно разделить на пять ключевых этапов:

1. Планирование и проектирование. Формируется концепция, технико-экономическое обоснование (ТЭО), определяются ключевые требования к объекту. Выполняется разработка проектной и рабочей документации, где закладываются основные параметры и решения для объекта строительства.

2. Строительство. Возведение объекта капитального строительства, которое включает в себя закупку материалов и оборудования, монтаж, пусконаладочные работы и сдачу в эксплуатацию.

3. Эксплуатация. Самый продолжительный (до 50-100 лет) и затратный этап, во время которого осуществляется техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонт.

4. Модернизация. Этап производится при необходимости реконструкции объекта с целью повышения его функциональности и энергоэффективности.

5. Вывод из эксплуатации. Снос или консервация объекта, утилизация оборудования и материалов [3, 4].

Каждый ключевой этап можно разделить на ряд более мелких, но значимых стадий (рис. 1).



Рис. 1. Стадии жизненного цикла объекта капитального строительства

Этапы жизненного цикла здания изложены и регламентируются в нормативных документах, таких как федеральные законы и своды правил. «Особое внимание необходимо уделить Федеральному закону № 261-ФЗ от 23.11.2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», сменивший декларативный Федеральный закон от 03.04.1996 г. № 28-ФЗ «Об

энергосбережении» поскольку он является основным законом в РФ, регулирующим вопросы по повышению энергоэффективности ОКС. Закон № 261-ФЗ устанавливает правовые, экономические и организационные основы стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности зданий» [4].

Роль инженерных систем в ключевых этапах жизненного цикла объекта капитального строительства приведена в табл. 1.

Таблица 1

Роль инженерных систем в жизненном цикле здания

№ п/п	Этап	Роль инженерных систем
1	Проектирование	Формирование технических показателей здания, которое включает в себя расчет нагрузок и выбор оборудования, его размещение и прокладку сетей с учетом архитектурных и конструктивных решений.
2	Строительство	Реализация проектных решений на строительной площадке подразумевает контроль качества оборудования и материалов, соблюдение технологий монтажа, пусконаладочные работы и испытание инженерных систем.
3	Эксплуатация	Обеспечивание функционирования здания характеризуется необходимостью выполнения плановых ремонтных работ, направленных на поддержание и восстановление технических систем.
4	Модернизация	Повышение эксплуатационной надежности и показателей энергоэффективности объекта достигается за счет модернизации инженерного оборудования.
5	Вывод из эксплуатации	Демонтаж инженерных систем с максимальным извлечением материалов для вторичного использования и экологически безопасная утилизация токсичных компонентов.

В процессе эксплуатации технических системы требуют постоянного наблюдения и своевременного обслуживания, которое помогает поддерживать их работоспособность в течение всего срока службы здания. Несмотря на регулярный ремонт могут возникать аварийные ситуации из-за разных причин. Ключевые факторы возникновения аварийных ситуаций при эксплуатации инженерных сетей:

1. Несоблюдение регламентов технического обслуживания, отсутствие плановых работ и капитального ремонта.
2. Нарушение технологических регламентов в процессе ремонта и наладки оборудования.
3. Эксплуатационные ошибки, непрофессиональное вмешательство в работу инженерных систем и оборудования.

4. Влияние неблагоприятных погодных условий, изменений температуры, образование коррозии или обледенение оборудования.

5. Произвольное изменение установленных рабочих параметров в системе и нарушение правил эксплуатации [5].

«Неисправности и недостатки в эксплуатации инженерных сетей могут привести к серьезным опасностям, вызывая значительные материальные и физические убытки. Поэтому крайне важно осознавать необходимость регулярного технического обслуживания и контроля за состоянием инженерных систем, чтобы предотвратить возможные аварийные ситуации» [5].

Соблюдение регламентов обслуживания систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВиК) является ключевым для сохранения параметров микроклимата здания. Нарушение температурно-влажностного режима сокращает жизненный цикл ОКС и отражается на работе инженерных систем [6].

1. Сокращение срока службы строительных конструкций возникает из-за повышенной влажности, которая приводит к конденсации влаги внутри конструкций, вызывая коррозию арматуры в железобетонных элементах, разрушение кирпичной кладки и бетона при повторяющихся циклах заморозания и оттаивания, а также образование плесени и грибка.

2. Снижение энергоэффективности и рост эксплуатационных расходов происходят в связи с установкой неоптимальных температурных режимов, которые требуют повышенных энергозатрат на отопление в холодный период года или на охлаждение в теплый период.

3. Преждевременный износ технических систем происходит из-за обмерзания и коррозии оборудования, засорения фильтров и теплообменников при отсутствии планового обслуживания, повышенной нагрузки на оборудование, работающего в нерасчетных режимах.

4. Снижение функциональности и рыночной стоимости здания может быть вызвано нарушением температурно-влажностных режимов, наличием плесени и неприятных запахов, которые снижают производительность труда людей и не допустимы для специальных помещений [7].

Технические системы являются неотъемлемой частью любого здания и определяют его жизненный цикл. Системы ОВиК поддерживают параметры микроклимата, которым уделяется особое внимание на стадии эксплуатации ОКС. Именно от их корректной работы напрямую зависят долговечность строительных конструкций,

энергоэффективность здания, комфорт и здоровье людей. Таким образом, качественное проектирование, модернизация и грамотная эксплуатация инженерных систем обеспечивают продление жизненного цикла объекта, а также сохранение его экономического и технического ресурса [8, 9].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Электро-2026. Инженерные системы зданий: классификация, проектирование и монтаж. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.elektro-expo.ru/> (дата обращения: 01.11.2025).
2. Федеральный закон от 30.12.2009 N 384-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
3. Цопа Н.В., Кузина С.В. Жизненный цикл строительного объекта в контексте наиболее значимых этапов // Экономика строительства и природопользования. 2023. № 3(88). С. 124-130.
4. Саввин, Н. Ю. Жизненный цикл, его структура в инженерии / Н. Ю. Саввин, А. И. Алифанова // Вестник евразийской науки. 2025. Т. 17. № 2. URL: <https://esj.today/PDF/13SAVN225.pdf>.
5. Ацапин С.В. Анализ возникновения аварийных ситуаций при обслуживании инженерных сетей многоквартирных домов // Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ». 2025. Т. 4. № 1(82). С. 1294-1301.
6. Ильина Т.Н., Веревкин О.В. Экологически чистые источники тепла в системах создания микроклимата здания // Вестник БГТУ: научно-теоретический журнал: Материалы Международной научно-практической конференции «Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии». Белгород: Изд-во БГТУ, 2005. № 12. С. 29-32.
7. Шеина С.Г., Чернявский И.А. Управление жизненным циклом объектов капитального строительства в условиях изменения климата // Молодой исследователь Дона. 2025. № 10(1). С. 72-75.
8. Linear. Роль инженерных систем в оценке жизненного цикла зданий. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.linear.eu/ru/blog/> (дата обращения: 03.11.2025).
9. Ильина Т.Н., Мухамедов Р.Ю., Веревкин О.В. Перспективы использования тепловых насосов системы отопления малоэтажных жилых домов Белгородской области // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. № 3. С. 142-146.

Манаков Н.А., студент,
Бачкала В.О., студент,
Гущин Д.А., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Овсянников С.И.
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЛЕЕВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЛЕЕННОГО БРУСА

Учитывая то факт, что массивная древесина практически всегда имеет допустимые и недопустимые пороки, современные технологии обработки стараются от них избавиться [1]. Пороки в виде сучков, косослойности, крени со временем приводят к искривлениям и деформациям деталей, а трещины – к снижению прочности на изгиб и раскалыванию. Поэтому, участки с недопустимыми пороками удаляются, а полученные отрезки заготовок соединяются между собой на зубчатый шип клевого соединения [2]. Такой вид относится к сращиванию по длине на микрошип и широко применяется практически во всех производствах, а полученные заготовки называются ламелями.

В производстве клееных щитовых деталей соединение реек может осуществляться как на гладкую фугу, так и на зубчатый поперечный шип на клей. Зубчатое соединение более устойчиво к смещениям и обладает повышенной прочностью на изгиб и скол как вдоль, так и поперек волокон [3]. При производстве клееного бруса ламели склеиваются на гладкую фугу.

Производство клееной древесины позволяет более полно использовать древесное сырье, а также изготавливать более качественную продукцию, отвечающую предъявляемым требованиям, снимает проблему сортности лесоматериалов, снижает влияние анизотропии строения древесины на прочностные свойства, позволяет создавать строительные конструкции и архитектурные композиции практически любой формы и размеров.

Качество клевого соединения зависит от породы и влажности древесины, его анизотропных свойств, физико-химических процессов взаимодействия древесины и связующего, свойств клея, выдержки технологических режимов склеивания [1, 3]. Свойства древесины оказывают наибольшее влияние на прочность клевого соединения. В первую очередь влияние оказывают анизотропия и неоднородность структуры древесины [2, 5].

Прочность клеевых соединений древесины определялась в соответствии с методиками и рекомендациями ГОСТ 15613.1 «Древесина клееная. Методы определения прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон» и ГОСТ 25884 «Конструкции деревянные клееные. Метод определения прочности клеевых соединений при послойном скалывании».

Наиболее распространенными породами для производства клееных деревянных конструкций являются ель, сосна и лиственница, в экспериментах рассмотрены именно эти породы по их средним значениям плотности [5].

Основная задача состояла в том, чтобы оценить технологические свойства различных клеевых составов, определить факторы, влияющие на прочность и долговечность клееных конструкций, и сформулировать практические рекомендации по выбору оптимального клеевого состава для различных условий эксплуатации.



Рис. 1. Участок производства стенового бруса на ООО «Буковельдом»

Основные технологические свойства клеевых составов являются:

Адгезия — сила сцепления клея с поверхностью соединяемых материалов. Чем выше адгезия, тем прочнее соединение. Адгезионные свойства оцениваются смачиванием поверхность и клея, чтобы клей растекался по ней, заполняя неровности.

Когезия характеризует внутреннюю прочность самого слоя клея. Она предотвращает расслаивание клеевого шва и обеспечивает его целостность. Прочность соединения зависит как от адгезионных, так и от когезионных свойств материала.

Вязкость определяет легкость истечения клея, заполнения неровностей и трещин, оказывает влияние на расход и толщину клеевого слоя. Жидкий клей эффективно проникает в поры, тогда как вязкие составы лучше заполняют крупные зазоры.

Открытое время выдержки – период, в течение которого нанесенный клей сохраняет способность склеивать поверхности перед началом застывания. За этот промежуток необходимо правильно установить и выровнять соединяемые части.

Время схватывания – продолжительность начального затвердевания клея, достаточного для дальнейшей обработки или сборки изделия.

Полный цикл отверждения – это время достижения максимальной прочности, когда шов окончательно твердеет.

Прочность показывает устойчивость клеевого шва к различным механическим нагрузкам: растяжению, сдвигу, отрыву и ударному воздействию.

Тепловая стабильность отражает способность клея сохранять свою прочность при изменении температуры.

Водостойкость свидетельствует о стойкости к воздействию влаги и повышенной влажности.

Химическая стойкость оценивает устойчивость к агрессивным средам, таким как масла, растворители, кислоты, щелочи и др.

Эластичность позволяет клеевому соединению компенсировать напряжения, вызванные вибрациями, температурными изменениями и перемещениями элементов конструкции. Напротив, жесткие клеевые составы обеспечивают большую жесткость и точность фиксации, однако менее гибко реагируют на динамические условия эксплуатации.

Разрушение клеевого соединения условно можно разделить на отслоение по клеевому шву и разрушение древесины вдоль клеевого шва. Причинами разрушения клеевого шва могут являться различные факторы. Практика производства клееной древесины показывает, что технологии склеивания позволяют добиться прочности клеевого шва выше прочности древесины. Разрушение древесины происходит по примыкающим к клеевому шву слоям ранней древесины.

Для достижения большей прочности клеевого соединения можно использовать метод накалывания древесины (широко применяется при насыщении древесины защитными растворами) [6].

Полиуретановые клеи занимают лидирующие позиции благодаря своей универсальности. Они обеспечивают исключительную прочность соединения и практически не содержат формальдегидов, что делает их безопасными для жилых помещений. Особенно актуальны в регионах с суровым климатом, поскольку сохраняют свои свойства при экстремально низких температурах. Но ПУР-клей поражается солнечными лучами, что приводит к полному разрушению клеевого шва. Поэтому, такой клей можно использовать в изделиях, которые эксплуатируются в закрытых помещениях.

Меламиновые клеевые составы чаще применяются в бюджетном сегменте. Их главный недостаток – более низкая экологичность по сравнению с полиуретановыми аналогами. Однако они показывают хорошие результаты в помещениях с умеренной влажностью и стабильной температурой.

Эпоксидные клеи, несмотря на свою высокую прочность, редко используются в жилищном строительстве из-за повышенного содержания вредных веществ. Они больше подходят для промышленных объектов, где важна максимальная механическая прочность соединения

Для склеивания древесины применялся двухкомпонентный дисперсионный клей на основе эмульсии полимер изоционата – ЭПИ-клей Kleiberit 304.4. При добавлении отвердителя Kleiberit 808.0 в количестве до 5 % влагостойкость повышается до уровня D4+. Данный тип клея применяется в деревянном домостроении для производства изделий с повышенной нагрузкой при использовании на открытом воздухе.

Таким образом, при выборе клея для клееного бруса необходимо учитывать местные климатические условия и специфику проекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калугин, А. В. Деревянные конструкции: учеб. пособие [Wooden designs: manual]. М.: Изд-во АСВ, 2008. 288 с.

2. Ovsyannikov S.I. Dyachenko V.Y. Wooden nano-composite materials and prospects of their application in wooden housing construction // Materials Science Forum 931 MSF, 2018, с. 583-588

3. Тамби А.А. Технология склеивания древесины с применением рентгенографии для контроля клеевых соединений: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. СПб.: СПбГЛТА. 2009. 20 с.

4. Чубинский А.Н. Формирование клеевых соединений древесины. СПб.: СПбГУ, 1992. 164 с.

5. Овсянников С.И., Богданов И.И., Шаталова С.В Совершенствование технологического процесса изготовления стенового клееного бруса: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing RU, 2017. 79 с.

6. Овсянников С.И., Шаповалов Д.Ю. Повышение прочности клеевых соединений деревянных конструкций // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2018. Т. 4. № 4. С. 36-41.

7. Грачев Ю.В., Леонов В.Н. Строительная химия и биохимия древесины. – Москва: Академия, 2017. – 352 с.

8. Горбунов П.И., Галкин И.В. Материалы и покрытия в строительном деле. – Екатеринбург: УрФУ, 2019. – 276 с.

9. Данилов С.Н., Косарев В.А. Технология производства клееного бруса. – Санкт-Петербург: ЛенСтройЦентр, 2018. – 236 с.

10. Федоров А.В., Кошкин Н.Н. Проектирование и конструирование деревянных построек. – Новосибирск: НГАУ, 2020. – 312 с.

11. Международные стандарты EN 301 и ASTM D905, регламентирующие нормы и правила использования клеев в деревянных конструкциях.

12. Овсянников С.И. Методики оценки прочности клееной древесины / Овсянников С.И., Матюхин А.О., Никифорова А.В., Чернова А.О., Литвинов В.В. // в сборнике: Потенциал интеллектуально одаренной молодежи - развитию науки и образования. материалы VIII Международного научного форума молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников. 2019. С. 51-55.

**Моторыкина А.А., студент,
Шулепов Т.А., студент,
Еремин В.О., студент**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Есипов С.М.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

К ВОПРОСУ О ЗАПРОЕКТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ МОСТОВЫХ КРАНОВ НА КАРКАС ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

Производственные здания с мостовыми кранами подвергаются воздействию как статических, так и динамических нагрузок на протяжении всего срока эксплуатации [1]. Однако тяжелые режимы работы (от К6 до К8) таких кранов приводят к возникновению запроектных воздействий, которые не учитываются в полной мере при первоначальном расчете конструкций [2].

Так как запроектные воздействия возникают из-за отклонений в эксплуатации, монтаже и изготовлении, они носят случайный характер. Они негативно влияют на защитные покрытия и соединения, что приводит к развитию повреждений в конструкциях и снижению ее несущей способности [3].

Наиболее уязвимыми местами являются сварные и болтовые соединения, повреждение которых может привести к наиболее опасному разрушению – хрупкому.

Сварные швы достаточно чувствительны к ударным и

циклическим нагрузкам. Одним из примеров такой нагрузки является вибрационное воздействие, которое возникает, например, в результате резкого торможения механизма передвижения крана, в процессе раскачивания груза на гибком подвесе во время операций подъема и перемещения или при контакте ходовых колес с неровностями рельсового полотна.

Так вибрационное воздействие, вызванное движением крана, на шов приводит к появлению трещин в корне шва, в местах непроваров или у его границ. После зарождения трещина под действием продолжающихся циклических нагрузок медленно распространяется по сечению.

Динамическое воздействие, особенно при отрицательных температурах, когда металл шва теряет пластичность, может привести к мгновенному лавинообразному распространению трещины по всему сечению шва или прилегающему металлу (рис. 1).



Рис. 1. Повреждение сварных швов

Наиболее подвержены разрушению швы в зоне примыкания подкрановых консолей к колоннам и в опорных узлах стропильных ферм.

На болтовое соединение так же, как и на сварные швы, оказывает негативное влияние вибрационное воздействие. Вибрация приводит к постепенному ослаблению затяжки гаек, что нарушает целостность соединения, следствием чего является нарушение прилегания соединяемых элементов (рис. 2).

Болтовые соединения рассчитаны на передачу усилий за счет трения между соседними элементами. Но, например, при торможении крана горизонтальная нагрузка превышает силу трения, и болт начинает упираться в стенки отверстия, оказывая на нее сильное давление. Отверстие деформируется и принимает продолговатую форму (становится овальным) [4]. Видоизменение отверстия создает люфт в соединении, что ускоряет его износ.



Рис. 2. Дефекты болтовых соединений

Также запроектные воздействия от работы мостового крана влияют на защитное покрытие каркаса. Одним из наиболее распространенных защитных покрытий является лакокрасочное покрытие (ЛКП). Постоянные вибрации и микродеформации каркаса приводят к тому, что ЛКП теряет сцепление с металлом (теряет адгезию) и покрывается микротрещинами. После проникновения влаги, паров или агрессивных веществ под эти трещины запускается процесс коррозии, который скрыт от глаз под слоем ЛКП [5] (рис. 3).

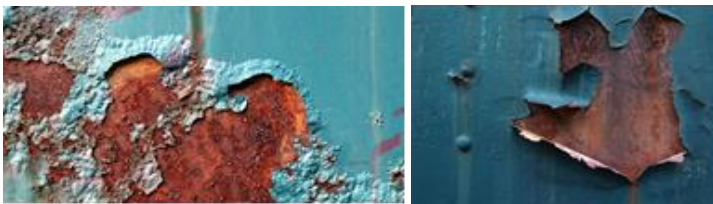


Рис. 3. Подпленочная коррозия

Коррозионное повреждение поверхности металла повышает хрупкость, что критично для элементов, работающих в условиях динамических нагрузок, а также низких температур. Особенно опасна коррозия в места близких к сварным швам, монтажным отверстиям и соединениям элементов. Сочетание механических воздействий и коррозионного повреждения элементов конструкций приводит к снижению несущей способности.

Для эффективной защиты строительных конструкций от коррозии необходимо применение низколегированных сталей с повышенной коррозионной стойкостью, использование горячеоцинкованных элементов, мониторинг и регулярный ремонт в ходе эксплуатации здания.

Чтобы предотвратить развитие повреждений сварных швов необходимо выполнять контроль качества сварных соединений на всех

этапах эксплуатации. Контроль состояния сварных соединений представляет собой комплекс методов, направленный на своевременное выявление дефектов [5], который включает в себя:

- визуально-измерительный контроль (ВИК);
- простукивание сварного шва молотком;
- ультразвуковой контроль сварных швов (УЗК).

Данный метод относится к методам неразрушающего контроля, что позволяет выявлять дефекты сварных швов без повреждения конструкции [6,7].

Для предотвращения ослабления затяжки болтового соединения можно использовать прессшайбы или контргайки, которые блокируют основную гайку от ослабления. Помимо этого, необходим своевременный визуальный (осмотр на предмет коррозии, деформаций и повреждений резьбы) и инструментальный контроль с использованием ультразвуковых приборов и динамометрических ключей.

Таким образом, запроектные воздействия влияют на долговечность и надежность каркаса производственного здания. Эти воздействия, в отличие от расчетных нагрузок, носят случайный характер и негативно влияют на соединения и защитные покрытия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Меркулов С.И., Есипов С.М. жизненный цикл объекта строительства на стадии эксплуатации // В сборнике: Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения. материалы Международных академических чтений. Курск, 2023. С. 189-193.

2. Райзер, В.Г. Эксплуатационная надежность подкрановых конструкций тяжелого режима работы / В.Г. Райзер, Д.А. Моисеев // Строительная механика и расчет сооружений. – 2021. – № 3 (290). – С. 60–67.

3. Филимонов, Е.В. Динамические воздействия мостовых кранов на каркас производственного здания / Е.В. Филимонов, А.С. Львов // Промышленное и гражданское строительство. – 2020. – № 5. – С. 45–51.

4. Солодов Н.В., Водяхин Н.В., Кочерженко В.В. Напряженно-деформированное состояние при реализации смятия и сдвига в болтосварном соединении // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2022. № 12. С. 18-27.

5. Бессонов С.Н., Солодов Н.В. Опыт натурного обследования подкрановых конструкций эстакады цеха по переработке шлаков металлургического предприятия // в сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня образования

БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2024. С. 22-29.

6. Снитко Н.К. Неразрушающий контроль в строительстве: справочник / Н.К. Снитко. – СПб.: БХВ-Петербург, 2019. – 320 с.

7. Барскова А.Г., Есипов С.М. Опыт применения современных приборов для неразрушающего контроля прочности бетона // в сборнике: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ. материалы научно-практической конференции. Дальневосточный государственный университет путей сообщения. Хабаровск, 2023. С. 15-18.

Пашков А.С., магистр

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Погорелова И.А.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ КРАСОК ДЛЯ ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ

Энергосберегающие краски – это специальный класс отделочных материалов, которые выходят за рамки простой декоративной функции и их главная задача – это снижение затрат на отопление или кондиционирование зданий [1, 2].

Энергосберегающие краски работают по двум основным принципам: теплоизоляция и светоотражение.

Классификация энергосберегающих красок представлена в табл.

Таблица

Классификация энергосберегающих красок

Тип краски	Теплоизоляционная	Светоотражающая
Принцип действия	Создание барьера с низкой теплопроводностью	Отражение ИК-излучения солнца
Ключевые компоненты	Полые микросферы, перлит	Специальные пигменты (чаще в светлых красках)
Область применения	Фасады, холодные стены, трубы, резервуары	Кровли, фасады в жарком климате
Эффект	Снижение теплопотерь в зимний период и перегрева в летний период	Снижение затрат на кондиционирование, уменьшение нагрева здания

Теплоизоляционные краски («теплокраски») – наиболее распространенный тип энергосберегающих красок, принцип действия

таких красок состоит в том, что в их состав вводятся специальные наполнители с низкой теплопроводностью - вакуумированные микросферы (полые керамические или стеклянные), внутри которых находится разреженный воздух или вакуум, который является эффективным теплоизолятором.

Такие компоненты, как вспененный перлит, пеностекло создают в толще покрытия «барьер», который замедляет передачу тепла. В зимний период тепло от стены (или радиатора) не так быстро уходит наружу, оставаясь внутри помещения. А в летний период нагретый воздух с улицы не так быстро проникает внутрь, сохраняя прохладу.

Наиболее эффективно применение теплоизоляционных красок для отделки фасадов с целью уменьшения теплопотерь через стены, а также для отделки внутренних стен, особенно торцевых стен и стен, граничащих с неотапливаемыми помещениями [3, 4].

Также целесообразно применение для труб отопления и горячего водоснабжения, кровли, металлических конструкций с целью снижения теплопотерь при транспортировке теплоносителя или перегрева конструкций.

Теплоизоляционные краски имеют широкое применение для покрытий резервуаров и котлов.

Однако, теплоизоляционные краски не являются заменой классической теплоизоляции (например, минеральной ваты, пенопласта). Слой краски в 1-2 мм может заменить слой традиционного утеплителя в 1-2 см, но не 10 см.

Главными преимуществами теплоизоляционных красок являются:

- решение для сложных поверхностей (неровности, трубы, арматура), куда нельзя установить плитный утеплитель;
- отсутствие «мостиков холода»;
- незначительное увеличение нагрузки на конструкцию;
- простота нанесения.

Светоотражающие (солнцеотражающие) краски наиболее эффективны в жарком климате. В состав краски добавляются пигменты, которые активно отражают инфракрасное (тепловое) излучение солнца. Поверхность, окрашенная такой краской, нагревается значительно меньше, чем окрашенная обычной краской того же цвета [5, 6].

Ключевыми параметрами светоотражающих красок являются коэффициент солнечного отражения (SR) и индекс отражения солнечного тепла (SRI).

Эффективными областями применения светоотражающих красок являются:

- кровли (особенно плоские). Это самый распространенный вариант использования, при котором снижается нагрев чердака и всего

здания в летний период на 5-15 °С, что значительно уменьшает затраты на кондиционирование;

– фасады светлых тонов, особенно в южных регионах. Наиболее эффективны краски «светлых тонов», особенно белые, так как они лучше всего отражают все спектры солнечного света.

Изоляционные свойства светоотражающих красок характеризуются коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,0012 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, что значительно ниже чем у обычной краски, имеющей коэффициент теплопроводности $\lambda=0,7 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$. Коэффициент солнечного отражения (SR) для светоотражающих красок должен быть $> 80 \%$ для белых красок.

Энергосберегающие краски – это прогрессивная реально работающая технология, являющаяся отличным дополнением к системе теплоизоляции, решающая точечные проблемы и особенно эффективна в комплексе с другими энергосберегающими мероприятиями (утепление окон, герметизация швов) [7].

А для жаркого климата светоотражающие краски для кровли - это одно из самых простых и экономически эффективных решений для снижения расходов на кондиционирование.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1 С. 9-16.

2. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Эффективное воспроизводство жилищного фонда России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 98-104.

3. Сулейманова Л.А., Fang J., Ширина Н.В., Баклаженко Е.В., Ладик Е.И. Современные материалы и технологии отделки фасадов при реконструкции и реновации жилого фонда // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 11. С. 21-31.

4. Тарасенко В.Н., Денисова Ю.В., Сулейманова Л.А. Современные энергоэффективные фасадные системы. 2016.

5. Сулейманова Л.А., Ерохина И.А., Сулейманов А.Г. Ресурсосберегающие материалы в строительстве // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 7. С. 113-116.

6. Сулейманова Л.А., Малоюкова М.В., Погорелова И.А., Корякина А.А. Формирование пространственной среды с учетом колористики // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 62-66.

7. Бухмиров В. В., Гаськов А.К. Применение тонкопленочных покрытий в целях энергосбережения // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2015. № 5. С. 26-31.

Убайдуллаев Д. Р., студент

Научный руководитель: ст. преп.

Дорожкина Е.А.

*Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, г. Москва, Россия*

ИННОВАЦИОННЫЕ СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ ФАСАДЫ

Традиционные солнцезащитные решения основывались на применении тонированных и отражающих стекол. Такое решение уменьшало перегрев, однако тонированные и отражающие стекла неизбежно сокращают поступление дневного света внутрь помещения. Действующие нормативные документы в части обеспечения помещений естественным освещением и энергосбережения [1, 2] делают такой компромисс неприемлемым.

Инновационный подход заключается в создании адаптивных, динамических фасадных систем, которые способны изменять свои характеристики в зависимости от положения солнца и потребностей внутри здания.

Рассмотрим более подробно основные направления развития.

Одно из них - адаптивные и кинетические фасадные системы.

Данное направление трансформирует фасад из статичного элемента в динамическую систему. Подвижные внешние экраны, интегрированные в архитектурный облик, работают в автоматическом режиме. Яркий пример – башни «Аль-Бахар» в Абу-Даби, где кинетические модули, аналогичные традиционным «машрабиям», раскрываются и закрываются в зависимости от положения солнца. Это позволяет использовать прозрачное стекло без тонировки, переключая функцию солнцезащиты на экран, и поддерживать высокий уровень комфортной освещенности в интерьере [3, 4].



Рис. 1. Башни «Аль-Бахар» (Al Bahar) в Абу-Даби (ОАЭ)

Двойные светопрозрачные фасады представляет собой систему из двух слоев остекления с вентилируемой воздушной полостью между ними, которая действует как климатический буфер.

Летом внутренние жалюзи затевают, а нагретый воздух удаляется из полости, снижая нагрузку на кондиционирование. Зимой эта же полость работает как тепловая ловушка, снижая теплопотери. Такие фасады обеспечивают стабильный световой режим в глубоких помещениях, но требуют тщательной проработки вопросов пожарной безопасности, обслуживания и работы в условиях холодного климата.

Примером служит множество «умных» офисных зданий в Европе, где внешние автоматические жалюзи управляются датчиками – при ярком солнце они наклоняются, препятствуя прямым лучам, но пропуская диффузный свет на рабочие места.

Таким образом, двойной фасад обеспечивает более стабильное дневное освещение с минимальным дискомфортом и энергозатратами на охлаждение.

Инновации затрагивают и сами стеклянные панели фасадов [5, 6]. Современные стеклопакеты – это сложные оптико-энергетические системы, которые могут содержать:

- фотоэлектрические модули, интегрированные в остекление, генерируют электроэнергию, одновременно уменьшая солнечные тепlopотупления;

- электрохромные и термохромные стекла изменяют прозрачность по сигналу или от температуры, обеспечивая адаптивность без подвижных частей;

- светонаправляющие элементы (призмы, микролинзы) перенаправляют свет вглубь помещения, повышая равномерность освещения и устраняя блики.

Отдельно можно выделить биотехнологические фасады – модули с жидкостью или даже с водорослями, которые динамически меняют прозрачность под действием солнца, затевают интерьер и используя свет для фотобиологических процессов. Первым в мире домом с фасадом-биореактором стал экспериментальный BIQ house, Гамбург (Германия).

Выходящие на солнце стороны здания закрыты специальными панелями, в которых в жидкости плавают микроводоросли. Под лучами солнца они активно размножаются и растут, после чего созревшая масса собирается и перерабатывается в биогаз.

Благодаря этому, а также солнечным батареям и геотермальным тепловым насосам BIQ способен сам обеспечивать себя энергией [7].



Рис. 2. Экспериментальный дом BIQ house, Гамбург (Германия)

Инновационные светопрозрачные фасады превращают оболочку здания из пассивного барьера в активного участника формирования внутренней среды, способного регулировать свет, тепло и генерировать энергию.

Для России с ее длительным отопительным периодом и периодами высокой солнечной активности наиболее актуальны: двойные фасады и высокопроизводительное остекление, как наиболее отработанные и нормативно-адаптированные решения, а также интеграция фотоэлектрических модулей для объектов с большой площадью остекления в южных регионах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение: дата введения 2017-05-08. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197>. - Текст: электронный.
2. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 14.07.2022). Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации.
3. Курзина, О. О. Конструктивные методы обеспечения солнцезащиты в контексте современной архитектуры гражданского назначения / О. О. Курзина, А. А. Петрий, Е. А. Дорожкина // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. Том 1. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 83-87.
4. Применение методов мимикрии при формировании архитектурно-градостроительной среды / А. В. Попов, Т. В.

Сорокоумова, Ю. С. Беляева, К. Г. Суханова // Экология урбанизированных территорий. – 2019. – № 3. – С. 88-94. – DOI 10.24411/1816-1863-2019-13088.

5. Мелех, К. Б. Обзор типов стекла для светопрозрачных конструкций фасадов гражданских зданий / К. Б. Мелех, А. А. Кушнарев, Е. А. Дорожкина // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. Том 2. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 118-122.

6. Скуртул, Е. М. Эффективность применения хромогенного фасадного остекления / Е. М. Скуртул, З. А. Гаевская // Неделя науки ИСИ: Сборник материалов Всероссийской конференции, Санкт-Петербург, 03–09 апреля 2023 года / Печатается по решению Совета по издательской деятельности Ученого совета Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Том Часть 1. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2023. – С. 298-299.

7. BIQ house – первое в мире здание с энергией от водорослей [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://novate.ru/blogs/110413/22835/>.

Убайдуллаев Д. Р., студент

Научный руководитель: ст. преп.

Дорожкина Е.А.

*Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, Москва, Россия*

СВЕТОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ

Естественный свет был и остается ключевым фактором в архитектуре, оказывая значительное влияние на здоровье и комфорт людей, а также на энергоэффективность зданий и качество городской среды [1]. В современных условиях устойчивого развития грамотное использование дневного света приобретает особую актуальность. Согласно [2], естественным освещением называется освещение помещений за счет солнечного излучения (прямого и рассеянного), проникающего через световые проемы зданий. В отличие от искусственного, дневной свет динамичен и меняется в течение дня и сезонов, что формирует естественный световой климат внутри помещений.

Классическое боковое остекление обеспечивает комфортную освещенность лишь на расстоянии, не превышающем 6 м от оконного проема [3]. Глубокие помещения, коридоры, подземные пространства и внутренние зоны крупных общественных зданий обречены на постоянное использование искусственного света. Это приводит не только к росту энергопотребления, но и к ухудшению психофизиологического комфорта пользователей. Световодные системы предлагают радикальное решение этой проблемы.

Основу системы составляет трубчатый световод – пассивный оптический канал, состоящий из трех ключевых элементов:

- купол, располагаемый на крыше или фасаде, оснащенный оптикой (линзы, призмы) для эффективного захвата прямого и рассеянного света;
- зеркальный тубус с высокоотражающим покрытием (до 99 %), обеспечивающий транспортировку света с минимальными потерями;
- диффузор, располагаемый внутри помещения, преобразующий световой поток в мягкое, равномерное освещение, визуально неотличимое от естественного.

Современные трубчатые световоды появились на рынке с 1990-х гг. и непрерывно совершенствуются. За период своего развития световодные системы эволюционировали до высокоточных оптических систем. Совершенствование отражающих покрытий и диффузоров позволило увеличить эффективность и гибкость применения. На рисунке 1 приведена конструкция световода.

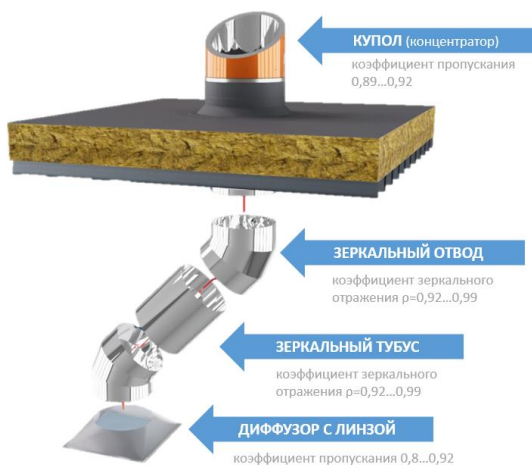


Рис. 1. Конструкция световода

В зданиях со световодами существенно снижается дневное энергопотребление на освещение. Более того, подобные системы практически не требуют ухода, не нуждаются в электроэнергии (в отличие от ламп) и легко встраиваются в конструкцию крыши без серьезных изменений. Качественно смонтированные световоды служат десятилетиями, обеспечивая стабильное и комфортное освещение внутренних пространств.

В современной архитектуре как правило применяют полые трубчатые световоды или их ансамбли – группы светопропускающих элементов, объединенных в единую систему. В этом случае световоды монтируются в покрытия стилобатов, неэксплуатируемых или эксплуатируемых кровель, в фасады зданий, формируя заданный световой рисунок. Отдельно можно выделить гибридные осветительные системы

Данная технология особенно востребована в общественных и офисных зданиях с помещениями, удаленными от наружных конструкций; образовательных учреждениях; торговых центрах и подземных пространствах; жилых зданиях для освещения санузлов, гардеробных, коридоров.

На рис. 2 приведены примеры решений интеграции световодных систем в архитектуру современных строительных объектов.



Рис. 2. Примеры применения световодных систем в современной архитектуре

Световодные системы – это полноценный архитектурный инструмент, который помогает обойти геометрические ограничения традиционного освещения, позволяя создавать комфортную, физиологически полноценную и энергоэффективную среду в любом помещении, независимо от его расположения в здании.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 14.07.2022). Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации.
2. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение: дата введения 2017-05-08. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197>. - Текст: электронный.
3. Стецкий, С. В. Повышение качества световой, акустической и инсоляционной среды в помещениях гражданских зданий с применением стационарных солнцезащитных устройств / С. В. Стецкий, Е. А. Дорожкина // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 2. – С. 193-198.
4. Волкова, О. С. Использование солнечных световодов при проектировании и строительстве зданий / О. С. Волкова // III Уральский межрегиональный энергетический форум: Сборник докладов научно-практической конференции, Челябинск, 10 ноября 2016 года. – Челябинск: Петербургский энергетический институт повышения квалификации, 2016. – С. 14-15.
5. Брызгалина, В. В. Зарубежный и отечественный опыт применения полых световодов для естественного освещения зданий / В. В. Брызгалина, Л. В. Карасева // Строительство и архитектура – 2022: материалы международной научно-практической конференции факультета промышленного и гражданского строительства, Ростов-на-Дону, 19–21 апреля 2022 года. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2022. – С. 388-390.
6. Овчаров, А. Т. Гибридный осветительный комплекс для систем совмещенного освещения: концепция, состояние проблемы, опыт применения / А. Т. Овчаров, Ю. Н. Селянин, Я. В. Анцупов // Светотехника. – 2018. – № 1. – С. 28-34.

Черских Д.Ю., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Фролов Н.В**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

РОЛЬ УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРЕДОТВРАЩЕНИИ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО РАЗРУШЕНИЯ ФЕРМ ПОКРЫТИЯ

Одним из ключевых факторов надежности строительных конструкций является их устойчивость к прогрессирующему разрушению – процессу, при котором локальное повреждение вызывает цепную реакцию отказов элементов, приводящую к обрушению значительной части сооружения. Для ферм покрытия, используемых в промышленных и общественных зданиях, этот риск особенно высок из-за их пространственной протяженности и наличия большого числа стержневых элементов [1].

На устойчивость фермы в значительной степени влияет не только схема связей, но и характер работы узловых соединений. Узел является элементом, в котором сходятся усилия нескольких стержней, и именно через него происходит перераспределение нагрузок при потере одного из элементов. Следовательно, конструктивное решение узлов определяет способность всей системы к саморегуляции и живучести.

Цель исследования – выявить роль узловых соединений в предотвращении прогрессирующего разрушения ферм покрытия и разработать рекомендации по их конструктивному совершенствованию. Узлы ферм классифицируются по степени податливости и способу восприятия усилий (табл. 1).

При локальном отказе одного из стержней фермы перераспределение усилий происходит через соседние элементы и узлы. Исследования показывают, что при шарнирных соединениях наблюдается резкое перераспределение нагрузок, что может привести к перегрузке смежных стержней и развитию цепной реакции разрушений [2].

Жесткие узлы, напротив, обладают способностью воспринимать изгибающие моменты и частично компенсировать потерю стержня за счет включения в работу соседних элементов (см. рис. 1). Таким образом, жесткость узла прямо влияет на устойчивость всей фермы к прогрессирующему разрушению.

Таблица 1

Классификация узловых соединений ферм покрытия

Тип узла	Конструктивное исполнение	Особенности работы	Устойчивость к прогрессирующему разрушению
Шарнирный	Болтовые, заклепочные, на накладках	Передают только осевые усилия, момент не воспринимают	Средняя – при отказе элемента нагрузка перераспределяется неравномерно
Жесткий	Сварные, болтовые, с косынками и ребрами жесткости	Воспринимают изгибающие моменты, ограничивают подвижность узла	Высокая – обеспечивают перераспределение усилий и сдерживают развитие повреждения
Комбинированный	Болтово-сварные, усиленные накладками	Частично воспринимают моменты, обладают пластичностью	Оптимальная – сочетают прочность и энергоемкость (поглощение энергии в болтах/швах), за счет чего повышается стойкость к динамике

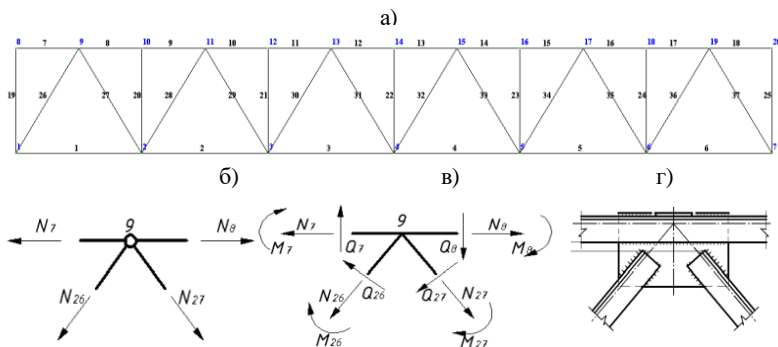


Рис. 1. Ферма покрытия: а – геометрическая схема плоской фермы; б – усилия в шарнирном узле; в – усилия в жестком узле; г – узел стальной фермы

Для оценки роли узловых соединений была выполнена численная модель фермы покрытия в программном комплексе ЛИРА с шагом между узлами 3 м и пролетом 24 м. В расчетных схемах моделировались три варианта узлов:

Полностью шарнирные;

Полностью жесткие;

Комбинированные (сварно-болтовые, допускающие ограниченный поворот).

Результаты анализа показали, что самая низкая вероятность развития прогрессирующего разрушения у ферм покрытия с жесткими

узлами, а самая высокая – с шарнирными узлами. Вероятность развития оценивалась по превышению предельных усилий в смежных элементах фермы [3, 4].

Таким образом можно сделать вывод о том, что переход к жестким или комбинированным узлам значительно снижает вероятность развития прогрессирующего обрушения.

Подведем итог вышесказанному, для того, чтобы повысить устойчивость ферм покрытия к прогрессирующему разрушению следует применять следующие решения:

- введение пластичных зон в узлах, т.е. использовать болты с контролируемым моментом затяжки или компенсаторами, позволяющими узлу деформироваться без разрушений;

- создание резервных путей передачи усилий путем дублирования критических стержней и накладок;

- применение комбинированных узлов, соединений, в котором болтовое крепление усиливают с помощью сварки;

- усиление узлов, находящихся вблизи опорных и крайних элементов фермы, где более вероятны наибольшие усилия при отказе;

- применение высокопрочных сталей

Наиболее выгодным и рациональным решением является применение комбинированных узлов. Они обеспечивают податливость, предотвращающую отказ, а также комбинированные узлы перераспределяют нагрузку между соседними элементами и повышают энергоемкость системы [5, 6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Металлические конструкции: учебник для студ. высш. учеб. заведений. Под ред. Ю.И. Кудишина. М.: «Академия», 2006. 688 с.

Дегтярь А.Н., Серых И.Р., Панченко Л.А., Чернышева Е.В. Остаточный ресурс конструкций зданий и сооружений // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2017. № 10. С. 94-97.

СП 385.1325800.2018 «Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения». М., 2018 г.

Келасев Н.Г. Пособие по проектированию мероприятий по защите зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения (Часть 2). Москва, 2009. 203 с.

Кудишин Ю. И., Дробот Д. Ю. Методика расчета строительных конструкций на единичную живучесть. М., 2009

Шапиро Г.И., Эйسمан В.И., Травуш В.И. Рекомендации по защите высотных зданий от прогрессирующего обрушения. – М.: Москомархитектуры, 2006.

¹Чжан Шухао, магистрант

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.

²Сулейманова Л.А.

¹Хулунбуирский университет, г. Хулунбуир, Китай

²Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ КРОВЕЛЬ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Эксплуатация кровель гражданских зданий (жилых, общественных, административных) сопряжена с существенными сезонными рисками. Зимний период характеризуется интенсивными снегопадами, перепадами температур, приводящими к образованию наледи, сосулек и значительных снежных масс. Данные явления создают прямую угрозу безопасности людей (как обслуживающего персонала, так и пешеходов), а также целостности самих конструкций (риск обрушения, протечек, повреждения фасадов и элементов водосточной системы) [1-4].

Проблема носит системный характер и не может быть решена исключительно техническими средствами. Требуется комплексный подход, сочетающий:

1. Технологические решения – применение специальных материалов, систем и оборудования на стадии проектирования и эксплуатации.

2. Организационные меры – планирование, управление и контроль процессов обслуживания кровли в зимний период.

Ключевые риски зимней эксплуатации кровель:

– обрушение снежных масс и падение сосулек: наиболее опасный фактор для пешеходов и припаркованного транспорта;

– образование наледи на поверхности кровли и в водостоках: приводит к закупорке водосточных систем, повышению нагрузки, образованию протечек при таянии;

– скользкость кровельного покрытия: угроза безопасности персонала, осуществляющего осмотр или очистку;

– чрезмерная снеговая нагрузка: риск деформации и обрушения несущих конструкций, особенно для плоских кровель старых зданий [5-8].

Нормативную базу составляют своды правил (СП) и ГОСТы, в частности:

– СП 17.13330.2017 «Кровли» (актуализированная редакция СНиП

П-26-76) регламентирует требования к проектированию кровель, включая расчет снеговых нагрузок по регионам и мероприятия по организации снегоудаления.

– СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции» (СНиП 3.03.01-87) содержит требования к безопасному производству работ.

– Трудовой кодекс РФ и правила по охране труда при работе на высоте обязывают работодателя обеспечивать безопасные условия труда.

Для скатных кровель обязательна установка снегозадержателей. Их тип и расстановка зависят от уклона, материала покрытия и снегового района:

Трубчатые и решетчатые снегоудержатели наиболее эффективны, удерживают основной пласт снега, разрезая его на тонкие пластины. Устанавливаются в несколько рядов на длинных скатах [9].

Уголковые и точечные (бугели) подходят для кровель с небольшим уклоном и низкой снеговой нагрузкой, выполняют функцию противолавинного схода снега. Для плоских кровель аналогом является установка снегозаградительных барьеров по периметру, предотвращающих лавинообразный сход снега на карнизы.

Электрообогрев – активное решение для борьбы с наледью и сосульками. Система включает греющие кабели (резистивные или саморегулирующиеся), распределительную сеть, систему управления (терморегулятор и метеостанцию).

Зоны монтажа: водосточные желоба и трубы, ендовы, карнизные свесы, водометы, площадки перед водостоками на плоских кровлях.

Принцип работы: Система автоматически включается при температуре воздуха близкой к 0°C и наличии осадков/таяния, предотвращая замерзание воды [10].

Преимущество: минимизирует необходимость механической очистки и ручного удаления сосулек.

Применение при новом строительстве или ремонте кровельных материалов с низкой адгезией снега и льда:

– гладкие полимерные мембраны (ПВХ, ТПО): на их поверхности снег скапливается меньше, а при положительной температуре легко сходит;

– фальцевые кровли с полимерным покрытием;

– гидрофобные и антиобледенительные покрытия: специальные составы, наносимые на поверхность, снижающие силу сцепления льда.

Оборудование для безопасной уборки снега:

- деревянные или пластиковые лопаты и скребки: не повреждают кровельное покрытие (в отличие от металлических);
- снегосбрасыватели (на длинной рукояти): позволяют работать с земли, не поднимаясь на кровлю;
- специализированная техника: мини-тракторы со щетками и снегобурами для больших плоских кровель.

Технологические меры неэффективны без грамотной организации.

Паспорт безопасности кровли должен содержать: схемы зон риска (карнизы, водостоки), график обязательных осмотров, регламент очистки, инструкции по эксплуатации систем антиобледенения, контактные данные ответственных лиц.

План производства работ на очистку кровли включает: определение методов очистки (механическая, ручная, химическая), схемы ограждения опасных зон у земли, расчет необходимых сил и средств, инструктажные карты, мероприятия по безопасности [11].

Организация регулярного мониторинга и очистки:

- визуальный осмотр после каждого значительного снегопада и в период оттепелей;
 - фиксация толщины и плотности снежного покрова (особенно на плоских кровлях);
 - своевременная уборка снега, не допуская его уплотнения и превращения в лед. Очистка производится послойно, без допущения ударных нагрузок на покрытие.
- Обучение и инструктаж персонала:
- обязательное обучение правилам работы на высоте.
 - инструктаж по специфике зимних работ на кровле: использованию страховочных систем, неметаллического инструмента, безопасным приемам сброса снега.
 - обучение правилам оказания первой помощи.

Для управляющих компаний жилых домов важно информирование населения.

Своевременно устанавливать предупреждающие знаки и ограждения.

Размещать информацию в подъездах и на сайтах о проводимых работах по очистке кровли.

Обеспечение безопасности при обустройстве и эксплуатации кровель гражданских зданий в зимний период является комплексной задачей, требующей взаимосвязанных организационных и технологических решений.

Технологическая основа включает: правильный расчет и монтаж систем снегоудержания, установку энергоэффективных систем

кабельного антиобледенения на ключевых узлах, применение современных материалов, а также использование безопасного инструмента для уборки.

Однако, без четкой организации эти системы не гарантируют результат. Необходима разработка и неукоснительное соблюдение регламентирующих документов (Паспорт безопасности, ППР), обеспечение регулярного мониторинга состояния кровли, профессиональная подготовка персонала и информирование жителей.

Таким образом, только интеграция проектных (заложенных на этапе строительства или реконструкции), технических (эксплуатационных) и управленческих мер позволяет сформировать эффективную систему безопасности, минимизирующую риски для людей и сохранности имущества в течение всего зимнего периода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С., Зиятдинова А.Н. Технология монтажа теплоизоляционного слоя энергоэффективной эксплуатируемой кровли // Строительное производство. 2021. № 3. С. 55-60.

2. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С., Медведев С.А. Применение инновационных технологий при реконструкции кровель гражданских зданий // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов III Международной научно-практической конференции к 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019. С. 275-279.

3. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С. Основы технической эксплуатации зданий и сооружений. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. 200 с.

4. Сулейманова Л.А., Обайди А.А.Х. Прогнозирование энергопотребления здания на основе нейронных сетей // Университетская наука. 2023. № 2 (16). С. 65-67.

5. Сулейманова Л.А., Обайди А.А. Управление жизненным циклом здания на этапе эксплуатации с использованием моделей искусственных нейронных сетей и машинного обучения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2024. № 3. С. 38-46.

6. Сулейманова Л.А., Обайди А.А.Х. Прогнозирование тепловых потерь на стадии эксплуатации при управлении жизненным циклом объекта капитального строительства с использованием искусственных нейронных сетей // Components of Scientific and Technological Progress. 2023. № 12 (90). С. 111-117.

7. Сулейманова Л.А., Крючков А.А., Есипов С.М. Контроль качества проектирования и строительства с применением технологий цифрового моделирования. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. 88 с.

8. Сулейманова Л.А., Амелин П.А., Рябчевский И.С. Технология информационного моделирования на этапе проектирования объекта капитального строительства. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. 126 с.

9. Зубарев Н.Д. Устройство и эксплуатация кровель. Современные материалы и технологии. – СПб.: Стройиздат СПб, 2020. 256 с.

10. Петров С.А. Электрообогрев кровель и водостоков: проектирование и монтаж. – М.: Энергоатомиздат, 2019. – 145 с.

11. Организация безопасного производства работ при обслуживании зданий в зимний период: Методические рекомендации / Под ред. А.И. Лысенко. – М.: НИИСтройэкономика, 2021. 67 с.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Бессонова А. В., студент,
Коломиец М. Р., студент,
Гущин Д.А, студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Овсянников С. И.
*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

УТИЛИЗАЦИЯ УПАКОВОЧНОГО ПОЛИСТИРОЛА В РОССИИ

Пенополистирол (ППС) относится к полимерным материал ячеистой структуры, получаемый методом вспенивания гранул полистирола фенолом путем газонаполнения [1]. Его структура представляет собой массу изолированных герметичных ячеек, разделенных тонкими полимерными стенками. Ключевой характеристикой ППС является высокое отношение объема газовой фазы к объему полимерной матрицы, которое обычно находится в диапазоне от 30:1 до 1:10. Форма ячеек зависит от содержания газовой фазы:

- в легких и сверхлегких пенопластах – форму многогранников с пяти- или шестиугольными гранями (рис. 1, а);
- в плотных пенопластах пузырьки имеют сферическую форму (рис. 1, б);
- мелко- и микроячеистые пенопласты содержат ячейки размером 0,02–0,1 мм, крупноячеистые – 0,5–2,5 мм (рис. 1, в).

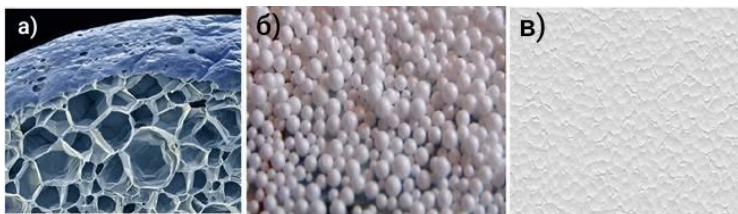


Рис. 1. Формы ячеек в зависимости от плотности ППС:
а – легкий и сверхлегкий; б – плотный; в – мелкочаеистый

Основой для производства ППС служат гранулы вспенивающегося полистирола. Получение данного сырья осуществляется по одной из двух технологий: путем полимеризации стирола либо путем введения в

готовый полимер вспенивающей добавки (стиропора), которая формирует пористую структуру материала. Размер используемых гранул может варьироваться в зависимости от производителя [5].

Уникальные эксплуатационные свойства ППС, такие как малый вес, низкая теплопроводность и удобство в обработке, обусловили его широкое распространение в различных отраслях экономики. В результате наблюдается стабильный рост объемов как производства, так и потребления данного материала. По экспертной оценке [5] совокупный объем производства полистирола в России достигает приблизительно 1 млн т в год.

Интенсивное использование пенополистирола имеет и обратную сторону – образование значительной массы отходов, которые формируют постоянно растущие запасы утилизационного сырья. Проблема их утилизации приобретает первостепенное экологическое значение, что связано с крайне медленной скоростью естественного разложения материала и высокой токсичностью соединений, выделяющихся при его неконтролируемом сжигании [2-4].

По данным исследования Института экологических проблем РАН [5] за 2024 г., около 67 % произведенного пенополистирола в регионах России попадает на полигоны ТБО, где занимает значительный объем и препятствует уплотнению других отходов.

Объемы и морфология отходов ППС напрямую зависят от сфер его использования (рис. 2).



Рис. 2. Структура потребления пенополистирола по отраслям

Строительная отрасль является наибольшим потребителем ППС в России, на долю которого приходится до 60–70 % от общего объема производства [5, 6, 12]. ППС применяется для тепло- и звукоизоляции ограждающих конструкций, фасадов, кровель. Отходы этого сектора (обрезки, демонтированные плиты) часто сильно загрязнены другими строительными и отделочными материалами, что осложняет их

дальнейшую переработку, поэтому в среднем перерабатывают только 10-15 % от общего числа отходов. Доля отходов ППС в строительной отрасли составляет 6-10 % от поставляемого объема [12].

Сегмент упаковки по объемам потребления занимает второе место. На рынке различают вспененный полистирол (ПСВ), используемый для одноразовой посуды, и упаковочный ППС для бытовой техники. Доля потребления для этих нужд составляет 20-30 % от общего объема производства и в последние годы идет тенденция к увеличению потребления. Некоторые трейдеры отмечают рост в этом сегменте до 3 раз [12], объясняя это увеличившимися продажами с доставкой при неоднократной перегрузке, что требует повышенной прочности упаковки. Именно упаковочный пенополистирол составляет основную массу в потоке коммунальных отходов. Его ключевые характеристики – малый вес, высокий объем и относительная чистота – делают его наиболее предпочтительным сырьем для рециклинга.

Прочие сегменты потребления ППС (медицина, искусство), на их совокупную долю приходится около 5-10 % потребления. Образующиеся здесь отходы часто требуют специальных условий обращения, поэтому чаще всего на переработку идет только 1-2 % от потребляемого объема.

По данным из различных источников [5, 6, 12], в России перерабатывается не более 5 % ППС. И связано это с недостаточным вниманием к раздельному сбору бытовых и прочих отходов. Коммунальные службы не готовы к внедрению широкого спектра разделения бытовых отходов, а население считает, что все равно все отходы будут сброшены в одну кучу. Особенно актуальна данная проблема в частном секторе, где организовать раздельный сбор очень сложно.

Таким образом, в России ежегодно формируются сотни тысяч тонн отходов из ППС. В целом данные отходы можно разделить на чистые (упаковочный ППС от бытовой техники), с примесями пищевого загрязнения (лотки и посуда из ПСВ), загрязненные строительными и отделочными материалами (отходы строительной отрасли).

Переработка отходов на вторичный полистирол в нашей стране развивается очень медленно и занимаются этим в основном сами производители ППС.

Существующие методы переработки отходов и производство вторичного ППС можно классифицировать по принципу воздействия на полимерную матрицу.

Механическая переработка. Данный метод, подразумевающий физическое измельчение и формование материала, является наиболее коммерчески освоенным [8]. Технологическая цепочка включает:

- сбор и сепарацию: отходы очищают от посторонних примесей;

- дробление: материал измельчают до состояния гранулята или хлопьев;

- плотную агломерацию или экструзию: для снижения транспортных расходов и получения товарного продукта измельченная фракция либо спекается в агломерат, либо переплавляется в экструдере с получением однородных гранул регранулята.

Продукт переработки используется в производстве строительных материалов, элементов мебели и в качестве добавки к первичному сырью.

Достоинства: технологическая простота и низкая себестоимость производства.

К недостаткам можно отнести требовательность к чистоте сырья и постепенная деградация механических свойств полимера после многократных циклов переработки.

Химическая переработка. Метод основан на свойстве полистирола растворяться в органических растворителях, что позволяет выделить полимер из композиции [4, 9]. Процесс включает стадии:

- растворение: ППС помещают в растворитель (ацетон, этилацетат), добиваясь резкого уменьшения объема.

- осаждение и очистка: полистирол осаждают из раствора и отделяют от примесей.

- получение продукта: очищенный полистирол используется для синтеза новых материалов.

Достоинства данного метода заключаются в возможности получения высококачественного вторичного сырья, а к недостаткам можно отнести высокую стоимость производства, работа с легковоспламеняющимися реагентами и организация рекуперации растворителя.

Термические методы. Эти методы предполагают глубокое термическое разложение полимера. Простое сжигание не рекомендуется из-за риска образования токсичных продуктов [1]. Альтернативой являются:

- пиролиз – разложение в бескислородной среде при 400–600 °С с получением пиролизного масла, синтез-газа и технического углерода [10].

- газификация – окислительное разложение при 800–1200 °С с получением в основном синтез-газа ($\text{CO} + \text{H}_2$).

Продукты термической конверсии могут использоваться в энергетике или как химическое сырье.

Достоинства данного метода является возможность переработки сильно загрязненных отходов и получение энергоносителей. К недостаткам можно отнести высокие капитальные затраты и необходимость сложных систем газоочистки.

Биологическая деградация. Это направление находится в стадии фундаментальных и прикладных исследований. Выявлены микроорганизмы и личинки насекомых, способные ассимилировать полистирол [11]. Задача исследований – идентификация и инженерия ферментов, разлагающих полимер, для создания промышленных биотехнологий. Метод позволяет значительно повысить экологическую безопасность. Сдерживающими факторами данного метода являются низкая скорость процесса разложения и трудности масштабирования.

Накопление отходов пенополистирола является прямым следствием увеличения потребления ППС. Для решения этой проблемы необходим комплексный подход, сочетающий административные меры по стимулированию раздельного сбора с развитием перерабатывающих мощностей.

На сегодняшний день наиболее рентабельной для чистых отходов (особенно упаковки) является механическая переработка. Химическая переработка позволяет получать сырье высокого качества, но требует значительных затрат. Термические методы (пиролиз, газификация) представляются оптимальным решением для загрязненных отходов, трансформируя их в энергетические ресурсы. Биологическая переработка, несмотря на свою перспективность, остается технологией будущего.

Одним из возможных способов использования отходов ППС является его переработка в другие полимерные материалы, например, производство клея, отделочные лакокрасочных материалов. Поэтому считаем целесообразным провести исследования по возможности переработки отходов ППС в данные материалы с использованием растворителей на различной основе и оценки их физико-механических свойств при использовании в деревообработке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Техническая энциклопедия полимерных материалов / под ред. А. В. Шевченко. – М.: Химиздат, 2019. – 544 с.
2. Овсянников С.И. Методики оценки прочности клееной древесины / Овсянников С.И., Матюхин А.О., Никифорова А.В., Чернова А.О., Литвинов В.В. // в сборнике: Потенциал интеллектуально одаренной молодежи - развитию науки и образования. материалы VIII Международного научного форума молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников. – Астрахань: АГАСУ, 2019. С. 51-55.
3. Овсянников С.И., Ковш А.Ю. Повышение качества клееного бруса и конструкций из древесины. Saarbuken: LAPLAMBERT, 2019. 85 с.

4. Овсянников С.И., Шаповалов Д.Ю. Повышение прочности клеевых соединений деревянных конструкций // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2018. Т. 4. № 4. С. 36-41
5. Рынок пенополистирола в России в 2024 году: аналитический отчет. – URL: <https://alto-group.ru> (дата обращения: 15.05.2024)
6. Строительные материалы и технологии: справочник / сост. П. Н. Лебедев. – СПб. : Стройинформ, 2022. – 312 с.
7. Пластмассы в упаковке / Е. Р. Аникина, В. С. Петров. – М.: ИД "Пакинг", 2021. – 288 с.
8. Вторичная переработка пластмасс: учебное пособие / К. М. Смирнов. – Екатеринбург: УрФУ, 2020. – 210 с.
9. Химическая технология переработки полимеров: учебник для вузов / Л. П. Кучеренко, Г. И. Тарасова. – М.: ИКЦ "Академкнига", 2018. – 496 с.
10. Пиролиз полимерных отходов: монография / С. А. Вольхин, Д. И. Менделеев. – Томск: Изд-во ТПУ, 2019. – 189 с.
11. Биодеградация синтетических полимеров: современное состояние и перспективы / О. В. Тишкова // Экология и промышленность России. – 2023. – № 5. – С. 45–49.
12. Российский рынок полистирола: дефицит на фоне роста цен / Мария Дыменко, Алина Ильичева // URL: 2020-09-24-polystyrene-ru.pdf (дата обращения: 15.05.2025)

Бессонова А. В., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Овсянников С. И.

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КЛЕЕВЫХ СОСТАВОВ ИЗ ВТОРИЧНОГО ПОЛИСТИРОЛА В ПРОИЗВОДСТВЕ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Современная строительная отрасль характеризуется возрастающими требованиями к экологической безопасности, энергоэффективности и рациональному использованию ресурсов [6-8]. В этом контексте древесина, как возобновляемый материал, занимает ключевую позицию. Эксплуатационные качества и долговечность деревянных конструкций в значительной степени определяются надежностью соединительных узлов, среди которых клеевые

соединения приобретают все большее значение благодаря своей способности создавать монолитные и высокопрочные элементы [1].

Параллельной задачей, требующей безотлагательного решения, является утилизация отходов полимерных материалов, в частности пенополистирола (ППС) [5]. Его низкая биоразлагаемость и значительный объем создают серьезную нагрузку на экосистему. В связи с этим переработка отходов ППС и разработка на их основе новых функциональных продуктов представляется актуальным направлением в русле циркулярной экономики [3].

Пенополистирол – это жесткий термопласт, отличающийся ячеистой структурой. К его основным эксплуатационным характеристикам относятся:

- низкая плотность ($10\text{--}50\text{ кг/м}^3$), обуславливающая легкость;
- выраженные теплоизоляционные свойства (коэффициент теплопроводности $0,030\text{--}0,045\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$);
- влагостойкость и устойчивость к воздействию многих химических реагентов;
- достаточная механическая прочность на сжатие ($200\text{--}500\text{ кПа}$) [4].

Благодаря этому комплексу свойств ППС нашел широкое применение в качестве упаковочного и теплоизоляционного материала, что, в свою очередь, приводит к образованию значительных объемов отходов.

Традиционные методы утилизации ППС, такие как захоронение, неэффективны из-за его чрезвычайно медленного разложения в естественных условиях. Сжигание неприемлемо из-за риска образования высокотоксичных соединений [3].

Наиболее рациональными являются механические и химические методы переработки:

Дробление и прессование – позволяют уменьшить объем материала и подготовить его для дальнейшего использования.

Растворение – ключевой метод для целей данного исследования. ППС легко растворяется в органических растворителях (ацетон, толуол, сольвенты) с образованием высоковязкого раствора, который обладает выраженными адгезионными свойствами и может рассматриваться как основа для клеевого состава [4, 5].

Процесс получения клея включает несколько стадий:

Подготовка сырья: отходы ППС очищаются от загрязнений и измельчаются для увеличения площади контакта с растворителем.

Приготовление раствора: измельченный полистирол смешивается с растворителем в определенном массовом соотношении (обычно от 1:3

до 1:5) при постоянном перемешивании до образования однородной густой массы [4].

Модификация состава: для регулирования вязкости, времени отверждения и эластичности конечного продукта в состав могут вводиться пластификаторы или инертные наполнители.

Процесс соединения деревянных элементов с использованием полученного клея требует соблюдения ряда условий [1, 2]:

Подготовка поверхностей: склеиваемые поверхности должны быть сухими, чистыми и иметь необходимую шероховатость для обеспечения максимальной адгезии.

Нанесение клея: состав наносится тонким равномерным слоем на обе соединяемые поверхности.

Прессование: детали совмещаются и подвергаются давлению, что обеспечивает плотный контакт и формирование равномерного клеевого шва.

Отверждение: процесс полимеризации и испарения растворителя происходит при комнатной температуре и может занимать от нескольких часов до суток.

Потенциальные преимущества технологии

Ресурсосбережение: Использование отходов в качестве основного сырья снижает себестоимость клея и способствует решению экологической проблемы [3].

Влагостойкость: клеевой шов на основе полистирола обладает высокой стойкостью к влаге, что расширяет область его потенциального применения.

Технологическая простота: процесс получения и применения клея не требует сложного оборудования и высоких энергозатрат [4].

Ключевые проблемы и направления для дальнейших исследований

Безопасность: необходимость работы с летучими органическими растворителями требует строгого соблюдения мер противопожарной безопасности и обеспечения эффективной вентиляции [3, 4].

Ограниченная термостойкость: температурный предел эксплуатации соединения находится в районе +70...+80°C, что сужает диапазон его возможного применения.

Необходимость комплексных испытаний: для внедрения технологии требуется провести цикл испытаний, включающий оценку:

- прочности на скалывание, сдвиг и отрыв [1, 2];
- долговечности под нагрузкой (ползучести);
- влияния климатических факторов (УФ-излучение, циклы замораживания-оттаивания);
- совместимости с различными породами древесины.

Разработка клеевых составов на основе использованного пенополистирола для соединения деревянных элементов является научно обоснованным и перспективным направлением. Данная технология обладает значительным потенциалом для реализации в рамках парадигмы устойчивого развития, поскольку одновременно решает две актуальные задачи: снижение экологической нагрузки от полимерных отходов и создание новых ресурсосберегающих строительных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 33123-2014 Конструкции деревянные клееные несущие. Общие технические условия. – Введ. 2016-01-01. – М.: Стандартинформ, 2019. – 27 с.
2. СП 64.13330.2017 Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. – Введ. 2017-06-29. – М.: Минстрой России, 2017. – 96 с.
3. Королев, А. А. Утилизация и переработка полимерных отходов / А. А. Королев. – Санкт-Петербург: Профессия, 2019. – 352 с.
4. Технологии переработки термопластов: учебное пособие для вузов / И. М. Жарков, К. С. Николаев, П. Д. Семенов; под общей редакцией И. М. Жаркова. – Москва: Химия, 2020. – 415 с.
5. Проблемы и перспективы рециклинга полистирола: аналитический обзор / Е. В. Прохорова [и др.] // Экология и промышленность России. – 2022. – Т. 26, № 1. – С. 52–57. – DOI: 10.18412/1816-0395-2022-1-52-57.
6. Овсянников С.И. Методики оценки прочности клееной древесины / Овсянников С.И., Матюхин А.О., Никифорова А.В., Чернова А.О., Литвинов В.В. // В сб.: Потенциал интеллектуально одаренной молодежи - развитию науки и образования. материалы VIII Международного научного форума молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников. 2019. С. 51-55.
7. Овсянников С.И., Ковш А.Ю. Повышение качества клееного бруса и конструкций из древесины. Saarbuken: LAPLAMBERT, 2019. 85 с.
8. Овсянников С.И., Шаповалов Д.Ю. Повышение прочности клеевых соединений деревянных конструкций // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2018. Т. 4. № 4. С. 36-41

Владыкин А.Ю., аспирант,
Амелин П.А., канд. техн. наук., ст. преп.

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.
*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПЛАВОВ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ И УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ Fe-SMA И Ni-Ti

В современном строительстве предъявляются повышенные требования к долговечности, сейсмостойкости и ремонтпригодности железобетонных конструкций. Технология предварительного напряжения позволяет соответствовать данным критериям. Однако традиционные методы с использованием стальных канатов и гидравлических домкратов имеют ряд недостатков: значительные потери напряжения от ползучести и усадки бетона, сложность технологии, высокие трудозатраты и ограниченная возможность локального ремонта [1].

Альтернативой выступает использование материалов с эффектом памяти формы (ЭПФ). ЭПФ – это способность материала восстанавливать свою первоначальную форму после пластической деформации при последующем нагреве или проявлять сверхупругость – способность к большим обратимым деформациям (до 8-10 %). В контексте предварительного напряжения бетона используется именно ЭПП: арматурный стержень предварительно растягивается, фиксируется, а затем при термической активации стремится вернуться к исходной длине, создавая в бетоне напряжения сжатия [2].

Наиболее изученным материалом с ЭПФ является никелид титана Ni-Ti. Существенным недостатком данного сплава является высокая стоимость его изготовления, что стало стимулятором поиска более доступных аналогов. В последние десятилетия значительный прогресс был достигнут в разработке железных сплавов с памятью формы Fe-SMA. Основой данного сплава являются железо, марганец и кремний с добавками в виде хрома, никеля и углерода [3].

Механизм памяти никелида титана основан на прямом и обратном мартенситном превращении, которое проявляется в двух ключевых эффектах: сверхупругости и эффекте памяти формы. Благодаря этому материал способен восстанавливать деформации до 8% (рис. 1) [4, 5].

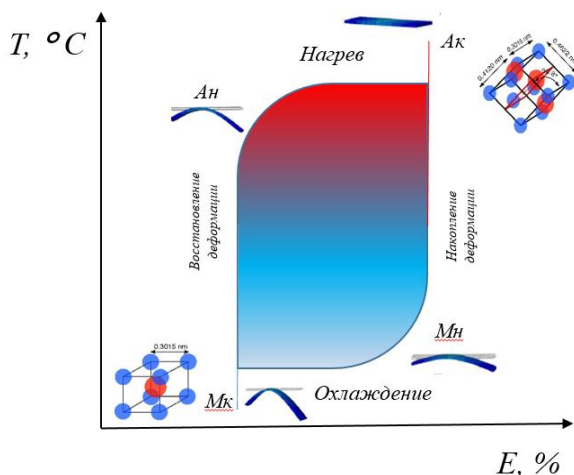


Рис. 1. Схематизация ЭПФ. M_n , M_s – температуры начала и конца мартенситного превращения; A_n , A_s – температуры начала и конца аустенитного превращения

Напряжение восстановления после активации ЭПФ достигает 400–600 МПа, что позволяет создавать значительные усилия обжатия в бетоне [6]. Важным для строительства является и то, что модуль упругости Ni-Ti в аустенитной фазе составляет около 70–80 ГПа, что делает его сопоставимым с традиционной стальной арматурой. Дополняет этот набор преимуществ высокая коррозионная стойкость, аналогичная нержавеющей сталям, что положительно влияет на долговечность конструкций.

Однако широкому применению Ni-Ti препятствует ряд существенных недостатков. Главным из них является чрезвычайно высокая стоимость, которая обусловлена дороговизной сырья (никель, титан) и сложностью технологического процесса, делающая проволоку из Ni-Ti в 50–100 раз дороже обычной арматуры. Кроме того, несмотря на большую общую деформационную способность, для надежной работы в режиме памяти формы рекомендуется ограничивать предварительное растяжение уровнем 4–6 % для предотвращения необратимой деградации материала. Существенным практическим ограничением является также сложность обработки, в частности, значительные трудности, возникающие при сварке и механической обработке готовых изделий.

Железные сплавы с памятью формы Fe-SMA являются альтернативой никелю титана. Хотя напряжение восстановления у Fe-SMA, составляющее 150–400 МПа в зависимости от состава и

термомеханической обработки, и уступает никелиду титана, этот недостаток компенсируется другими важными преимуществами. Для доступного сплава типа Fe-17Mn-5Si-10Cr-4Ni-1 после предварительной деформации на 4% типичное напряжение восстановления составляет 250-350 МПа [3, 7, 8].

Ключевой особенностью Fe-SMA является значительно большая деформация восстановления по сравнению с Ni-Ti. Данные сплавы могут подвергаться предварительной деформации до 8-10 %, что позволяет компенсировать более низкое напряжение восстановления. Существенным преимуществом является высокий модуль упругости, составляющий 150-200 ГПа, что примерно в 2-3 раза выше, чем у Ni-Ti и обычной стали, что положительно сказывается на жесткости железобетонных конструкций. Коррозионная стойкость, обеспечиваемая добавками хрома и никеля, сопоставима с конструкционными сталями, хотя для агрессивных сред все же требуется дополнительная защита.

Наиболее значимыми практическими преимуществами Fe-SMA являются их относительно низкая стоимость, превышающая всего в 2-5 раз стоимость обычной строительной арматуры, а также высокая технологичность, включающая хорошую прокатываемость, и, что критически важно, возможность дуговой сварки [9]. Уникальным свойством является возможность повторной активации после релаксации предварительного напряжения из-за ползучести и усадки бетона, что позволяет восстанавливать уровень обжатия и открывает новые перспективы для создания долговечных и ремонтпригодных конструкций [10].

Сравнительные характеристики никелида титана и Fe-SMA сплавов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика сплавов Ni-Ti и Fe-SMA

Параметр	Ni-Ti	Fe-SMA
Напряжение восстановления	400-600 МПа	150-400 МПа
Допустимая деформация	4-6%	6-10%
Модуль упругости	70-80 ГПа	150-200 ГПа
Коррозионная стойкость	Очень высокая	Умеренная
Стоимость	В 50-100 раз превышает стоимость арматуры А500	В 2-5 раз превышает стоимость арматуры А500
Технологичность	Низкая	Высокая
Повторная активация	Возможна, но дорога	Эффективна и практична

Медные сплавы, например, Cu-Zn-Al, также обладают ЭПФ и имеют низкую стоимость. Но у них есть серьезные недостатки, которые не позволяют применять их при строительстве ответственных объектов. Это связано с необратимым ухудшением свойств при нагреве выше 100 °С, невысокой прочностью и коррозионной стойкостью, что делает их непригодными для долговременного использования в ответственных строительных конструкциях [2].

Благодаря высоким восстанавливающим напряжениям и сверхупругости, Ni-Ti наиболее перспективен для применения конструкций, подвергающимся высоким циклическим нагрузкам. Это, в первую очередь, сейсмические демпферы, соединения в каркасных зданиях. Однако высокая стоимость ограничивает массовое применение никелида титана.

Fe-SMA являются оптимальным выбором для широкого спектра задач по предварительному напряжению: армирование изгибаемых элементов, усиление существующих конструкций (внешнее армирование), создание напряженных соединений. Технология активации путем простого нагрева (например, пропусканием электрического тока) исключает необходимость в тяжелом гидравлическом оборудовании. Возможность повторной активации для компенсации потерь от ползучести и усадки бетона является уникальным преимуществом, не имеющим аналогов в традиционных технологиях. Низкая стоимость и технологичность открывают путь для его масштабного внедрения [10].

Проведенный сравнительный анализ указывает на то, что для основной массы задач по предварительному напряжению и усилению железобетонных конструкций сплавы Fe-SMA являются более предпочтительным материалом, чем классические Ni-Ti сплавы. Хотя Ni-Ti превосходит по величине восстанавливающего напряжения, Fe-SMA компенсирует это большей допустимой деформацией, высоким модулем упругости, существенно более низкой стоимостью и высокой технологичностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баранова, Ю. А. Технология предварительного напряжения монолитного железобетона в построечных условиях (постнапряжение) / Ю. А. Баранова, В. О. Пушкарева, Г. В. Маношкина // Новые технологии в учебном процессе и производстве: Материалы XV межвузовской научно-технической конференции, Рязань, 26–28 апреля 2017 года / Под редакцией начальника НИО Платонова А.А., канд. техн. наук Бакулиной А.А. Том I. – Рязань: ООО «Рязаньпроект», 2017. – С.

76-78. – EDN ZIQAJL.

2. Оцука К., Уэйман К. М. Материалы с эффектом памяти формы [Текст] = Shape memory materials / К. Оцука, К. М. Уэйман. – Кембридж: Издательство Кембриджского университета, 1999. – 284 с.

3. Савагучи Т. Концепция проектирования и применение сплавов на основе Fe-Mn-Si: от эффекта памяти формы до сейсмического демпфирования [Текст] = Design concept and applications of Fe-Mn-Si-based alloys from shape-memory to seismic damping / Т. Савагучи [и др.] // Материаловедение и технология (Materials Science and Technology). – 2016. – Т. 32, № 9. – С. 836–847.

4. Дольче М., Кардоне Д. Механическое поведение сплавов с памятью формы для сейсмических применений [Текст] = Mechanical behaviour of shape memory alloys for seismic applications / М. Дольче, Д. Кардоне // Международный журнал механических наук (International journal of mechanical sciences). – 2001. – Т. 43, № 11. – С. 2657–2677.

5. Сулейманова, Л. А. Бетон нового поколения, армированный фиброй с эффектом памяти формы / Л. А. Сулейманова, П. А. Амелин // Наукоемкие технологии и инновации (XXV научные чтения) : Сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 198-204.

6. Чадзерски К., Ханнебах Б., Мотавалли М. Возможность предварительного напряжения с использованием тендонов из сплавов с памятью формы [Текст] = Feasibility of prestressing with shape memory alloy tendons / К. Чадзерски, Б. Ханнебах, М. Мотавалли // Международный журнал структурной инженерии (Structural Engineering International). – 2006. – Т. 16, № 2. – С. 143–147.

7. Ли В. Дж., Вебер Б. Железные сплавы с памятью формы для строительных конструкций [Текст] = Iron-based shape memory alloys for civil engineering structures / В. Дж. Ли, Б. Вебер // Труды Международной конференции по интеллектуальным материалам и нанотехнологиям в инженерии (Proceedings of the International Conference on Smart Materials and Nanotechnology in Engineering). – 2013.

8. Шахин Р. Термически активируемый железный сплав с памятью формы для усиления металлических конструкций [Текст] = Thermally activated iron-based shape memory alloy for strengthening of metallic structures / Р. Шахин [и др.] // Инженерные сооружения (Engineering Structures). – 2021. – Т. 243. – С. 112651.

9. Салатов Е. К. Усиление строительных конструкций материалами с эффектом памяти формы // Вестник Московского информационно-технологического университета – Московского архитектурно-строительного института. 2022. №3.

10. Рожоб Х., Эль-Хаша Р. Самопредварительное напряжение с использованием железного сплава с памятью формы для усиления железобетонных балок при изгибе [Текст] = Self-prestressing using iron-based shape memory alloy for flexural strengthening of reinforced concrete beams / Х. Рожоб, Р. Эль-Хаша // Журнал Американского института бетона (ACI Structural Journal). – 2017. – Т. 114, № 2. – С. 523–532.

**Воронцев А.В., магистрант,
Левшин Д.Э., студент**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЛАГОЗАЩИТЫ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

Ячеистый бетон в настоящее время является одним из самых распространенных материалов в наружных ограждающих конструкциях зданий. Одним из актуальных вопросов безопасности зданий и сооружений является защита от влаги ограждающих конструкций.

Неконтролируемое увлажнение конструкций из ячеистого бетона приводит к ряду негативных последствий:

- снижение теплотехнической однородности и сопротивления теплопередаче. При увеличении массовой влажности материала на 1 % его теплопроводность возрастает на 4-5 %, что снижает его энергоэффективность.
- снижение морозостойкости. При циклическом замораживании-оттаивании насыщенного влагой бетона возникают кристаллизационные давления льда, вызывающие микротрещины и разрушение структуры.
- ухудшение прочностных характеристик.
- создание благоприятных условий для биоповреждений (развитие плесени, грибка) [1-3].

Обеспечение эффективной влагозащиты является критически важной задачей для сохранения эксплуатационных качеств и обеспечения проектного срока службы зданий из ячеистого бетона.

Для разработки эффективных мер защиты необходимо четко дифференцировать источники и физические механизмы увлажнения ограждающих конструкций, основными из них являются [4-6]:

- атмосферные осадки: прямое воздействие дождя и талого снега на незащищенную поверхность стены;

- грунтовая влага: капиллярный подсос от фундамента при отсутствии или повреждении горизонтальной гидроизоляции;

- эксплуатационная влага: влага, образующаяся внутри помещений (приготовление пищи, стирка, дыхание людей) и мигрирующая через толщу стены наружу за счет диффузии водяного пара;

- сорбционное увлажнение: поглощение влаги из воздуха материалом в условиях высокой относительной влажности;

- конденсационное увлажнение: выпадение влаги внутри конструкции при достижении температуры «точки росы» [7-10].

Методы защиты можно разделить на две основные группы: конструктивные и технологические (применение защитно-отделочных покрытий).

Конструктивные методы направлены на предотвращение прямого контакта материала с источниками влаги и организацию вентиляции.

Навесные фасадные системы с вентилируемым зазором являются наиболее эффективным решением. Зазор обеспечивает постоянную циркуляцию воздуха, удаляющую излишки влаги из конструкции. Облицовочный экран надежно защищает от атмосферных осадков.

Корректное обустройство гидроизоляционного узла в зоне цоколя. Обязательное наличие отсечной гидроизоляции между фундаментом и первым рядом кладки для блокирования капиллярного подсоса.

Устройство широких свесов кровли, водостоков. Эти элементы минимизируют прямое попадание дождя на поверхность фасада.

Нанесение на внешнюю поверхность стены специальных покрытий, формирующих барьер для влаги. Важным критерием выбора является паропроницаемость покрытия.

Штукатурные составы для ячеистого бетона. Применяются специальные легкие паропроницаемые (гидрофобные) штукатурки на основе извести, перлита или с добавлением полимерных модификаторов. Традиционные цементные штукатурки высокой плотности не рекомендуются, так как они имеют низкую паропроницаемость и плохую адгезию с ячеистым бетоном, что приводит к отслаиванию.

Облицовка лицевым кирпичом с вентилируемым зазором. Кирпичная облицовка требует устройства гибких связей с основной стеной и оставления зазора (30...50 мм) для вентиляции, а также продухов в нижней и верхней части кладки.

Гидрофобизирующие пропитки, в составе которых кремнийорганические соединения (силан-силоксановые), наносятся на поверхность, придавая материалу водоотталкивающие свойства, но не

закрывая поры, что сохраняет паропроницаемость. И это временная мера, требующая обновления.

Фасадные краски используются специальные паропроницаемые силикатные или силиконовые краски.

Свойства основных типов отделочных материалов представлены в табл. 1 [11, 12].

Таблица 1

Сравнительная характеристика фасадных отделочных материалов для ячеистого бетона

Тип покрытия	Коэффициент паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)	Долговечность, лет	Примечания
Специализированная легкая штукатурка	0,15...0,20	15–25	Оптимальный баланс защиты и паропроницаемости, требует квалифицированного нанесения
Цементно-песчаная штукатурка	0,08...0,12	10–15	Не рекомендуется. Низкая адгезия, высок риск трещинообразования и отслаивания
Паропроницаемая фасадная краска (силиконовая)	0,05...0,1 (для системы «штукатурка + краска»)	8–12	Наносится на подготовленное штукатурное основание, обеспечивает надежную защиту от дождя
Гидрофобизирующая пропитка	Не изменяет показатель основы (0,20...0,25 для ячеистого бетона)	5–10	Не изменяет внешний вид, защищает от капиллярного подсоса, но не от прямого напора воды. Требует периодического обновления
Облицовочный кирпич	$\approx 0,16$	≥ 50	Только с вентилируемым зазором. Требует сложного конструктивного решения

Эффективность влагозащиты во многом зависит от качества выполнения швов кладки. В табл. 2 [8-9] представлены данные по влиянию типа раствора на сопротивление воздухопроницанию и влагопереносу.

Таблица 2

**Влияние типа кладочного раствора на влажностный режим
кладки из ячеистого бетона**

Тип кладочного раствора	Средняя толщина шва, мм	Сопротивление паропрониканию кладки (условно)	Риск образования «мостиков холода» и конденсации влаги в швах
Специальный клей для тонкошовной кладки	1...3	Низкое (шов не является значимым барьером)	Минимальный
Легкий перлитовый раствор	6...10	Умеренное	Умеренный
Тяжелый цементно-песчаный раствор	10...15	Высокое (шов менее паропроницаем, чем блок)	Высокий

Проведенный анализ показывает, что проблема влагозащиты ограждающих конструкций из ячеистого бетона носит комплексный характер и требует системного подхода на стадии проектирования и строительства. Наиболее надежными являются конструктивные решения, такие как вентилируемые фасады, которые обеспечивают активный вывод влаги. При использовании «мокрых» или штукатурных фасадов критически важен корректный подбор паропроницаемых материалов, не создающих барьеров для диффузии водяного пара.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Коломацкий А.С., Погорелова И.А., Марушко М.В. Повышение эффективности производства и применения ячеистых бетонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 11. С. 34-42.
2. Сулейманова Л. А. Управление процессом формирования пористой структуры ячеистых бетонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 69-76.
3. Сулейманова Л.А., Сулейманов А.Г., Ерохина И.А. Общая закономерность получения материалов с высокими качественными показателями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2006. №15. С. 155-163.
4. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Строкова В.В. Сухие строительные смеси для неавтоклавных ячеистых бетонов: монография. – Белгород: Константа, 2009. 143 с.
5. Сулейманова Л.А., Жерновский И.В., Шамшуров А.В. Специальное композиционное вяжущее для газобетонов неавтоклавного твердения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 1. С. 39-45.
6. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Слепухин А.С., Плехова С.И. Высокотехнологичные бетоны с использованием

суперпластифицирующих добавок на основе поликарбоксилата // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 9. С. 63-66.

7. Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергосберегающие технологии высокопоризованных бетонов // Белгородская область: прошлое, настоящее, будущее: Материалы областной научно-практической конференции в 3-х частях, Белгород, 22 декабря 2011 года. Белгород, 2011. С. 98-102.

8. Сулейманова Л.А., Амелин П.А., Марушко М.В., Сулейманов К.А. Оценка водостойкости основных строительных материалов для стеновых ограждений // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции, Белгород, 2020. С. 397-403.

9. Сулейманова Л.А., Марушко М.В., Лукьяненко А.К. Строительная система из газобетона для реконструкции зданий // Университетская наука. 2018. № 1(5). С. 21-24.

10. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Сулейманов К.А. Обобщенный анализ характера поровой структуры газобетонов неавтоклавного твердения на композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 3. С. 75-79.

11. СТО НААГ 3.1–2013. Конструкции с применением автоклавного газобетона в строительстве зданий и сооружений. Правила проектирования и строительства. – М.: НААГ, 2013. 175 с.

12. Гринфельд Г.И. Инженерные решения обеспечения энергоэффективности зданий. Отделка кладки из автоклавного газобетона: учеб. пособие / Г.И. Гринфельд. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 130 с.

Глотова Д.А., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Есипов С.М.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Деревянные конструкции и дерево, как материал, остаются одними из самых востребованных и широко применяемых в строительстве благодаря своей экологичности, доступности и хорошим теплоизоляционным свойствам. Однако их долгосрочная надежность напрямую зависит от внешних факторов, в первую очередь – от температурных колебаний и уровня влажности. Изменение этих

параметров приводит к физико-механическим изменениям древесины: усушке, разбуханию, снижению прочности, развитию гниения и плесени, а также ускорению процессов старения и разрушения. В условиях повышенной влажности и перепадов температуры деревянные элементы становятся особенно уязвимыми, что требует тщательного учета климатических факторов при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий. Особую актуальность данная проблема приобретает в регионах с резкими сезонными перепадами температуры и повышенной влажностью, где без должной защиты деревянные элементы быстро теряют свои эксплуатационные качества. В данной статье рассматриваются ключевые механизмы воздействия температуры и влажности на долговечность деревянных конструкций, а также современные подходы к их защите и продлению срока службы.

Влажность оказывает значительное влияние на долговечность деревянных конструкций. Древесина – гигроскопичный материал, способный поглощать и отдавать влагу в зависимости от окружающей среды. При повышении влажности древесина разбухает, а при снижении – усыхает, что приводит к появлению трещин, щелей и деформаций. Эти процессы не только ухудшают внешний вид конструкций, но и снижают их прочность и устойчивость [1].

Высокая влажность способствует развитию гниения, плесени и грибковых поражений, особенно при содержании влаги выше 18–20 %. В таких условиях древесина теряет свои механические свойства, становится более хрупкой и подвержена разрушению. Кроме того, влажная древесина хуже удерживает крепежные элементы и отделочные материалы, что может привести к дополнительным повреждениям и снижению срока службы конструкций [2].

Для обеспечения долговечности деревянных конструкций важно поддерживать оптимальный уровень влажности (обычно 12–18 %), использовать качественные антисептики и защитные покрытия, а также обеспечивать хорошую вентиляцию и гидроизоляцию. Это позволяет минимизировать негативное воздействие влаги и продлить срок службы деревянных элементов зданий и сооружений.

Для долговечности деревянных конструкций необходимо применять комплексные меры по защите от влаги и контролю влажности. Основные методы защиты включают использование специальных пропиток, лаков, красок и масел, которые создают на поверхности древесины защитный барьер, препятствующий проникновению влаги. Натуральные масла, такие как льняное и тунговое, а также масла с добавлением воска, глубоко проникают в структуру дерева, питают его и защищают от пересыхания и гниения. Для изделий, подвергающихся интенсивному воздействию влаги,

применяют акриловые и полиуретановые лаки, которые образуют прочную водонепроницаемую пленку [5].

Дополнительную защиту обеспечивают антисептики, битумные мастики и специальные водоотталкивающие составы. Антисептики предотвращают развитие гнили и плесени, а мастики и пропитки защищают от прямого контакта с водой, особенно в условиях повышенной влажности или на улице. Кроме того, регулярный мониторинг микроклимата с помощью гигрометров и термометров позволяет своевременно реагировать на изменения и предотвращать негативные последствия.

Влияние температуры на долговечность деревянных конструкций проявляется в изменении их физико-механических свойств. При повышении температуры прочность древесины снижается, особенно при длительном воздействии выше 50 °С. Кратковременное нагревание до 100 °С обычно вызывает обратимые изменения, которые исчезают после возвращения к нормальной температуре, но при продолжительном воздействии высоких температур происходят необратимые потери прочности и деформативности [3].

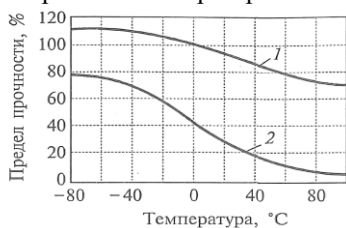


Рис. 1. График зависимости температуры и предела прочности деревянных конструкций

Низкие температуры, наоборот, увеличивают прочность хорошо просушенной древесины за счет образования ледяного скелета, однако при наличии влаги в порах замерзание может привести к растрескиванию и разрушению материала (рис. 1). Резкие перепады температур особенно опасны для необработанной древесины, так как вызывают внутренние напряжения и деформации.

Сочетание температуры и влажности усиливает негативное воздействие: при высокой влажности и повышенной температуре прочность древесины падает быстрее, чем при отдельном влиянии каждого фактора. Для сохранения долговечности деревянных конструкций важно избегать экстремальных температур, резких перепадов и обеспечивать оптимальный микроклимат.

Наиболее критичными для прочности древесины являются температуры выше 50 °С и ниже 0 °С, особенно при наличии влаги, так как высокая влажность способствует ускоренному разрушению клеточной структуры и снижению устойчивости к деформациям, поскольку замерзание воды внутри клеток приводит к образованию ледяных включений, вызывающих внутренние напряжения и растрескивание материала. Несмотря на то, что низкие температуры

могут увеличивать прочность сухой древесины за счет упрочнения клеточных стенок из-за замерзшей влаги, присутствие воды при отрицательных температурах повышает риск механического повреждения древесины из-за расширения льда.

Таким образом, для сохранения прочности деревянных конструкций важно избегать экстремальных температур и резких перепадов, а также контролировать влажность древесины.

Совместное влияние температуры и влажности на древесину проявляется в усилении негативных процессов, которые по отдельности вызывают снижение прочности и долговечности материала. При высокой влажности и повышенной температуре прочность древесины падает быстрее, чем при воздействии каждого фактора по отдельности. В таких условиях древесина становится более подвержена гниению, плесени и механическим повреждениям, а также теряет устойчивость к деформациям [4].

В условиях переменной температуры и влажности древесина испытывает циклические напряжения, что способствует усталостным повреждениям и ускоренному старению.

Таким образом, сочетание высокой влажности и температуры, особенно в диапазоне от 5 до 45 °С, наиболее опасно для древесины, так как способствует развитию гниения и резкому снижению прочности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хвесько Г.М., Жиромский Н.Л., Рудаков И.А. Влияние влажности на прочность модифицированной древесины // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 6. С. 78–84.
2. Пауль Э.Э. Влияние плотности и влажности древесины на соотношение показателей ее торцевой и боковой твердости // Труды БГТУ. 2003. № 1. С. 286–288.
3. Иванов А.С. Технические свойства древесины с учетом влияния влажности и температуры: учебное пособие. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. 112 с.
4. Султанов А.Ф. Климатические факторы и их влияние на качество древесины // Молчун. 2024. Т. 12, № 3. С. 45–53.
5. Щелкова Т.Н. Современные тенденции улучшения свойств древесины и деревянных строительных конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 6. С. 45–53.

Городков Г.Д., студент,
Гущин Д.А., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Овсянников С.И.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРОБЛЕМА ОБРАЗОВАНИЯ И ПУТИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Любое производство связано с появлением отходов. Это могут быть как отходы при изготовлении продукции и материалов, строительстве, а также при демонтаже или сносе строительных объектов. В зоне активных действий СВО в следствии разрушения зданий образуется огромное количество строительных отходов. Это и бой железобетонных материалов в виде щебня с бетоном и арматуры, и бой кирпича, и разрушенные деревянные конструкции [1, 4]. По вопросам утилизации и использования минеральных отходов проведены ряд исследований по возможному повторному использованию. Но утилизация древесных сопряжена с рядом сдерживающих факторов [2, 3, 5]. Причиной является наличие в древесине металлических соединительных элементов (гвозди, шурупы, накладки, костыли и т.п.), загрязнения от облицовочных материалов (штукатурка, растворы, краска и т.п.), запыленность и загрязнение мелкодисперсными включениями (песок, пыль от растворов и кирпича и камня).

Поэтому, переработка использованной в строительстве древесины является актуальной проблемой образования значительных объемов отходов в строительной отрасли. Основными источниками и виды строительного мусора рассмотрены в работе [6]. Здесь же представлены потенциально негативное воздействие строительного мусора на окружающую среду. Особое внимание необходимо уделять современным методам утилизации и переработки отходов строительства при сносе старых зданий и разрушенных в следствии военных действий, таким как рециклинг, рекуперация и реутилизация. Предлагаемые мероприятия должны базироваться на экономически выгодных условиях и экологической целесообразности внедрения комплексных систем управления отходами на основе принципов циркулярной экономики. Для упорядочивания данной деятельности необходимо развитие нормативно-правовой базы и стимулирование использования вторичных материальных ресурсов в строительстве и производстве строительных материалов.

Строительная отрасль является одним из ключевых драйверов экономического развития, однако она же генерирует колоссальные объемы отходов [1-6], что создает серьезную нагрузку на экологическую обстановку в городах и регионах. Проблема управления отходами строительства и сноса (ОСС) приобретает все большую остроту в связи с ростом темпов нового строительства, реконструкции и сноса ветхого жилого фонда. Традиционная практика захоронения ОСС на полигонах не только приводит к безвозвратной потере ценных материальных ресурсов, но и способствует загрязнению почв, водных источников и атмосферного воздуха. В этой связи разработка и внедрение эффективных систем переработки и утилизации строительных отходов является важнейшей научно-практической задачей.

Отходы в строительной отрасли образуются на различных этапах:

1. Снос и разборка зданий и сооружений: это основной источник ОСС, включающий бетон, железобетон, кирпич, древесину, металлолом, стекло и др. [2].

2. Новое строительство: отходы возникают при подготовке площадки (грунт), укладке материалов (обрезки кирпича, гипсокартона, кровельных материалов), а также в виде упаковки.

3. Реконструкция и капитальный ремонт: демонтированные конструкции, старые оконные и дверные блоки, напольные покрытия, сантехника.

По своему составу ОСС крайне неоднородны. Условно их можно разделить на [4-6]:

1. Минеральные отходы (бетон, кирпич, асфальт, керамика) – составляют до 70-80 % от общей массы.

2. Древесные отходы.

3. Металлический лом.

4. Стекло.

5. Полимерные материалы и упаковка.

6. Прочие отходы (в т.ч. опасные, такие как асбестосодержащие материалы, краски, лаки).

Преодоление линейной модели «добыть – произвести – выбросить» требует перехода к циркулярному подходу. Наиболее эффективными являются следующие методы:

Сортировка и рециклинг. Данный метод предполагает разделение отходов на фракции с последующей переработкой во вторичное сырье. Дробленный бетон и кирпич (так называемый «вторичный щебень») успешно применяется в дорожном строительстве в качестве основания дорог, для отсыпки временных площадок и в производстве товарного бетона низких марок. Дробленая керамика используется как заполнитель для легких бетонов.

Реутилизация (повторное использование). Многие строительные элементы, такие как кирпич, деревянные балки, дверные и оконные блоки, находящиеся в удовлетворительном состоянии, могут быть использованы повторно после незначительной реставрации. Это позволяет значительно снизить затраты на материалы и минимизировать экологический след.

Энергетическая утилизация (рекуперация). Древесные отходы, не пригодные для рециклинга, могут использоваться в качестве биотоплива для получения тепловой и электрической энергии.

Обезвреживание опасных отходов. Для таких материалов, как асбест, применяются специальные методы, включая захоронение на специализированных полигонах или высокотемпературное обезвреживание.

Комплексный подход к управлению отходами строительства обладает рядом неоспоримых преимуществ:

- экологический эффект: сокращение объемов захоронения, сохранение природных ресурсов (нерудных материалов, древесины), снижение углеродного следа.

- экономическая выгода: снижение затрат на приобретение первичных материалов, уменьшение платежей за размещение отходов на полигонах, создание новых рынков сбыта вторичной продукции.

- социальная ответственность: улучшение качества городской среды, формирование имиджа строительных компаний как социально и экологически ориентированных.

Проблема отходов в строительной отрасли требует безотлагательного и системного решения. Дальнейшее накопление ОСС на полигонах является тупиковым путем, ведущим к усугублению экологических проблем и экономическим потерям. Наиболее перспективным направлением является развитие инфраструктуры для сортировки и переработки отходов, стимулирование использования вторичных материальных ресурсов в проектах строительства и реконструкции, а также совершенствование нормативной базы, регламентирующей обращение с ОСС. Внедрение принципов циркулярной экономики в строительстве позволит не только минимизировать негативное воздействие на окружающую среду, но и получить значительный экономический эффект, превращая отходы в ценный ресурс для развития.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ищенко А.В. Обзор современных технологий утилизации отходов строительного производства // 2024.

2. Овсянников С.И., Радионов А.С. Экспертиза в деревянном домостроении // в сборнике: Современные технологии

деревообрабатывающей промышленности. Материалы международной научно-практической онлайн-конференции. 2018. С. 277-282.

3. Толстой А.Д. Древобетон на основе техногенного сырья / Толстой А.Д., Коломацкий А.С., Овсянников С.И. // в сборнике: Современные технологии деревообрабатывающей промышленности. Материалы международной научно-практической онлайн-конференции. 2018. С. 296-301.

4. Федеральный закон "Об отходах производства и потребления" от 24.06.1998 N 89-ФЗ

5. Михайлов М.Г. Обзор конструкций рубильно-щепорезных машин / Михайлов М.Г., Овсянников С.И., Андреева Д.В. // в сборнике: Современные технологии деревообрабатывающей промышленности. Материалы международной научно-практической онлайн-конференции. 2018. С. 244-251.

6. Ovsyannikov S.I., Dyachenko V.Y. Fire resistance evaluation of pressed straw building envelopes / Materials Science Forum. 2019. Т. 974. С. 237-242.

7. Овсянников С.И., Ковш А.Ю. Особенности экспертизы в деревянном домостроении // Наука и инновации в строительстве (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): сб. докл. междунар. науч.-практ. конф. Белгород, 2017. С. 303-309.

**Грищенко М.С., студент,
Обухов А.Г., аспирант,
Литовченко Д.П., аспирант**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Высоцкая М.А.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОВМЕСТИМОСТЬ КОМПОНЕНТОВ И СТРУКТУРНАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ПОЛИМЕРНО-БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ

Полимерно-битумные вяжущие (ПБВ) широко применяются для повышения надежности и долговечности асфальтобетонных покрытий в условиях возросших транспортных нагрузок и климатических воздействий. При этом структура и свойства ПБВ существенно зависят от качества исходного битума, природы полимера, типа пластификатора и технологии получения.

В статье обобщены современные представления о влиянии совместимости компонентов и технологии на формирование

полимерной сетки, о роли пластификаторов, а также о механизмах деструкции и факторах, определяющих структурную стабильность ПБВ.

1. Структура ПБВ и морфологические типы.

Исследования микроструктуры ПБВ показывают, что характер распределения полимера в битумной матрице может существенно различаться, чем непосредственно определяет качество сформированной системы «битум – полимер».

В ряде ПБВ фиксируется однородная, гомогенизированная структура, в которой полимер равномерно распределен и формирует пространственную сетку. Здесь наблюдается взаимное дополнение свойств битума и полимера и соответствующие этому высокие эксплуатационные параметры вяжущего.

Противоположная ситуация наблюдается в ПБВ, содержащих крупные фрагменты нерастворенного полимера, вытягивающего из битума мальтеновую часть и нарушающего равновесие дисперсной среды. Подобные структуры склонны к деструкции, расслоению и ухудшению технологических свойств.

Промежуточные микроструктуры, где полимерная фаза распределена неравномерно и не полностью вовлечена в формирование сетки, также встречаются и могут свидетельствовать о недостаточной совместимости либо о незавершенности технологического процесса [1].

Отмечается [2], что эффективность получения ПБВ в значительной степени определяется типом и режимом работы оборудования. Лопастные мешалки обеспечивают более мягкое воздействие на полимер, тогда как коллоидные мельницы при интенсивном сдвиге могут приводить к частичному разрушению макромолекул. Экструзионные системы дают высокую степень гомогенизации, но также требуют точного контроля параметров. Таким образом, технологический результат зависит не от «лучшего» оборудования как такового, а от соответствия выбранной технологии специфике битума, полимера и пластификатора [2].

2. Совместимость компонентов ПБВ и физико-химические основы формирования полимерной сетки.

Совместимость битума и полимера является определяющим условием формирования устойчивой пространственной полимерной сетки в ПБВ. Из-за углубления нефтепереработки современные битумы содержат повышенное количество асфальтенов и обладают истощенной мальтеновой частью, что снижает их растворяющую способность и затрудняет набухание полимерных звеньев [3].

Как отмечают авторы в работе [3], дефицит мальтенов требует корректировки группового состава вяжущего посредством введения пластификатора. Так, пластификатор увеличивает растворяющую способность битумной среды, ускоряет стадии набухания и диспергирования полимера, снижает внутрисистемную вязкость, улучшает низкотемпературную деформативность и способствует стабилизации формирующейся полимерной сетки.

Таким образом, пластификатор в ПБВ выступает не вспомогательным, а функционально необходимым компонентом, обеспечивающим совместимость, однородность и устойчивость структуры модифицированного вяжущего.

3. Пластификаторы и двухстадийная технология получения ПБВ.

Как показано в работе [3], высокая однородность ПБВ может быть достигнута при использовании двухстадийной технологии, включающей предварительное получение концентрата «полимер–пластификатор» с последующим его введением в битум. Такая схема позволяет обеспечить контролируемое набухание полимерных гранул и формирование более равномерной структуры до контакта с высокоасфальтовым битумом.

Исследования методом флуоресцентной микроскопии выявили значительные различия растворяющей способности различных пластификаторов [3]. Наиболее эффективным оказалось использование ЭСО (экстракт селективной очистки), обеспечивающего полностью гомогенное распределение полимера в концентрате. Мазут продемонстрировал близкие к однородным характеристики. В то же время индустриальные масла, «Унипласт» и «Кэтгол» приводят к образованию значительного количества нерастворенных включений, что свидетельствует о недостаточной совместимости с полимером и ограниченной растворяющей способностью.

Так, при приготовлении ПБВ-90 лучшие эксплуатационные показатели были достигнуты именно при использовании концентратов на основе ЭСО и мазута [3]. Попытки получения ПБВ-90 без пластификатора оказались unsuccessful: наблюдались недостаточная эластичность, повышенная хрупкость, неполное растворение полимера и отклонения по температуре хрупкости [3].

Результаты работы [2] также подтверждают, что введение пластификатора является обязательным условием для формирования требуемого комплекса свойств ПБВ, особенно при получении марок PG 70/40 и PG 52/46. При его отсутствии модифицированный битум характеризуется чрезмерной вязкостью, ухудшенными низкотемпературными свойствами и повышенной склонностью к

расслоению, что делает такие системы малоприспособленными для эксплуатации в суровых климатических условиях.

Так, исследования [2-3] показывают, что для современных битумов с истощенной мальтеновой частью применение пластификатора является обязательным условием формирования однородной полимерной сетки. Эффективность конкретного пластификатора определяется его растворяющей способностью по отношению к полимеру: наилучшие результаты в исследуемой серии показали ЭСО и мазут, тогда как индустриальные масла и ряд коммерческих добавок характеризовались низкой степенью растворения полимера. Таким образом, критерием выбора пластификатора является не его тип, а способность обеспечивать совместимость компонентов и стабильность структуры ПБВ.

4. Технологические аспекты получения ПБВ.

Технология приготовления ПБВ определяет его морфологию и стабильность. Согласно [2], свойства вяжущего в значительной степени зависят от применяемого оборудования и параметров перемешивания.

Коллоидные мельницы обеспечивают высокую степень диспергирования, однако избыточные сдвиговые нагрузки могут частично разрушать макромолекулы СБС и снижать эластичность модифицированного битума. Лопастные мешалки работают в более щадящих условиях, лучше сохраняя структуру полимера, но при недостаточной растворяющей способности битума могут возникать проблемы с расслоением системы. Экструдерные установки формируют наиболее однородную структуру за счет сочетания давления, температуры и интенсивного перемешивания, но требуют строгого контроля теплового режима, чтобы исключить термическую деградацию.

В работе [2] отмечено, что минимальное содержание полимера, обеспечивающее формирование пространственной сетки, составляет около 2–2,5 %. Дальнейшее увеличение доли СБС улучшает свойства ПБВ, однако приводит к росту вязкости и необходимости применения пластификатора для сохранения технологичности.

5. Деструкция ПБВ.

Согласно работе [4], деструкция ПБВ представляет собой совокупность изменений, происходящих в битуме и полимерной фазе одновременно. Старение битума связано с термоокислительными процессами, увеличением содержания асфальтенов и снижением растворяющей способности среды, что приводит к потере пластичности и ухудшению удержания полимера в набухшем состоянии.

Полимерная фаза также подвержена разрушению: термодеструкции при высоких температурах, фотохимическим реакциям под воздействием УФ-излучения и механическому разрыву цепей при сдвиговых нагрузках. На поздних стадиях СБС теряет эластомерные свойства и начинает действовать как пластификатор, что вызывает снижение температуры размягчения, рост пенетрации и потерю трещиностойкости [4].

Характерным проявлением деструкции является фазовое расслоение при хранении: верхняя часть вяжущего обогащается маслами и растворенным полимером, а нижняя – асфальтенами. Это связано с нарушением коллоидного равновесия, особенно при недостаточной совместимости компонентов.

Темпы разрушения структуры существенно увеличиваются при длительном нагреве, многократных циклах «нагрев – охлаждение», дефиците пластификатора, исходной несовместимости компонентов и доступе кислорода. Поэтому долговременная стабильность ПБВ определяется качеством битума, уровнем пластификации, корректной технологией получения и контролем тепловых режимов на всех стадиях производства и хранения [4].

Так, полимерно-битумные вяжущие представляют собой термодинамически неустойчивые системы, чьи свойства определяются совместимостью компонентов, структурой полимерной сетки и технологией приготовления. Современные битумы с истощенной мальтеновой частью требуют обязательного применения пластификаторов, а наилучшие результаты обеспечивают двухфазные системы «полимер – пластификатор», позволяющие достичь полноценного растворения модификатора. Деструкция ПБВ затрагивает как битум, так и полимер, что делает необходимым строгий контроль температурных режимов и времени термостатирования. Эффективность ПБВ обеспечивается только комплексным учетом качества битума, корректного выбора пластификатора, совместимости компонентов и оптимальной технологии получения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Евдокимова Н.Г., Лунова Н.Н., Егорова Н.А., Махмутова А.Р., Байгузина Ю.А., Имангулова Э.А. К выбору технологии производства полимерно-битумных вяжущих как инновационных наносвязующих для устройства асфальтобетонных покрытий // Нанотехнологии в строительстве. 2018. Т.10, №5. С. 20-37. DOI: [dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-5-20-37](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-5-20-37).

2. Высоцкая М.А., Кузнецов Д.А., Литовченко Д.П., Барковский Д.В., Ширяев А.О. Пластификатор при производстве полимерно-битумных вяжущих - как необходимость // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. №5. С. 16-22. DOI: 10.34031/article_5cd6df466bb9e0.32764094.

3. Литовченко Д.П., Ширяев А.О., Курлыкина А.В. Влияние двухфазной системы «полимер–пластификатор» на показатели свойств ПБВ-90 // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук: сб. докл. Нац. конф. с междунар. участием. Ч. 9. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 178–184.

4. Высоцкая М.А., Киндеев О.Н., Обухов А.Г. Теоретические аспекты деструкции ПБВ // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2016. №3. С. 8-14.

5. Ширкунов А.С., Рябов В.Г. Получение дорожных полимерно-битумных вяжущих на базе неокисленного высоковязкого гудрона с применением нефтеполимерных смол // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. 2020. №1. С. 53-68. DOI: 10.15593/2224-9400/2020.1.05.

6. Сальникова А.И. Исследование пластифицированных полимербитумных вяжущих // Инженерные системы и сооружения. 2014. №4-3(17). С. 168-175.

Дудченко В.А., аспирант

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Лесовик В.С.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОЯ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА ИЗ РАЗРУШЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Рассмотрено применение боя керамического кирпича как минеральная добавка в бетонах и строительных смесях. Отмечены экологические и экономические преимущества, а также необходимость стандартизации переработки и нормативного регулирования.

В условиях ужесточения экологических требований и стремления к устойчивому развитию строительной отрасли все большее внимание уделяется вопросам вторичного использования строительных отходов. Одним из наиболее перспективных направлений является переработка

боя керамического кирпича, образующегося при сносе зданий и сооружений. Керамический кирпич, обладающий высокой долговечностью и стойкостью к атмосферным воздействиям, даже после разрушений сохраняет значительную часть своих физико-химических свойств, что делает его ценным компонентом в производстве новых строительных материалов.

Согласно «Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2030 г.», приоритетными направлениями являются разработка и внедрение технологий, обеспечивающих ресурсосбережение, энергоэффективность и экологическую безопасность. В этом контексте повторное использование керамического боя не только снижает нагрузку на окружающую среду, но и способствует экономии природного сырья и энергетических ресурсов [1].

Бой керамического кирпича представляет собой дробленую массу, состоящую преимущественно из кварца, и других минералов. Его химический состав характеризуется высоким содержанием SiO_2 и Al_2O_3 , а также наличием оксидов железа, кальция и щелочей. Благодаря своей пористой, но устойчивой структуре, такой бой может успешно использоваться в качестве заменителя природного песка или щебня в бетонах, растворах и сухих строительных смесях.

Введение керамического боя в количестве до 30 % от массы заполнителя не ухудшает, а в ряде случаев даже улучшает эксплуатационные свойства конечного продукта. В частности, отмечается повышение адгезии между вяжущим и заполнителем за счет сродства структур: керамический бой и цементный камень имеют схожую природу происхождения и совместимую пористость. Это особенно важно при производстве кладочных и штукатурных растворов, где прочность сцепления с основанием напрямую влияет на долговечность конструкции [2].

Особое внимание уделяется использованию кирпичного боя в производстве легких и теплоизоляционно-конструкционных бетонов. Благодаря низкой плотности и высокой пористости заполнитель способствует снижению средней плотности бетона, улучшению его теплотехнических характеристик и снижению усадочных деформаций. При этом прочностные показатели таких бетонов остаются в пределах, допустимых для несущих и ограждающих конструкций малоэтажных зданий [3].

Технология переработки кирпичного боя включает несколько этапов: сортировку, удаление металлических и деревянных включений, дробление и рассев на фракции. Полученные фракции могут быть использованы как крупный и мелкий заполнитель в зависимости от требований к составу бетона или раствора минеральной добавки для

получения композиционных вяжущих. При этом важно учитывать, что в составе боя может присутствовать остаточный строительный раствор, что влияет на его водопоглощение и активность. Однако при правильной подготовке и дозировке этот фактор не оказывает негативного влияния на качество конечного материала [4].

Экономическая выгода от применения керамического боя заключается не только в снижении затрат на природное сырье, но и в уменьшении расходов на утилизацию строительных отходов. Кроме того, их использование способствует снижению энергозатрат на добычу и транспортировку природных заполнителей, а также уменьшает антропогенную нагрузку на окружающую среду.

С точки зрения устойчивого развития и циркулярной экономики, повторное использование керамического кирпича полностью соответствует современным принципам «зеленого» строительства. В ряде европейских стран уже действуют нормативы, обязывающие перерабатывать не менее 70 % строительных отходов. В России подобные практики только начинают внедряться, однако имеющийся опыт промышленного применения кирпичного боя в производстве стеновых блоков, бетонных изделий и сухих смесей демонстрирует высокую технологическую и экономическую эффективность.

Таким образом, бой керамического кирпича из разрушенных зданий и сооружений, и реноваций представляет собой ценный ресурс, способный заменить значительную часть природных компонентов в строительных смесях. Его применение позволяет не только решить проблему утилизации отходов, но и создать новые, более эффективные и экологичные строительные материалы. Для широкого внедрения данной технологии необходима разработка единых технических требований к качеству керамического боя, стандартизация методов его переработки и расширение нормативной базы, регулирующей использование вторичных заполнителей в строительстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Распоряжение Правительства РФ от 10.05.2016 № 868-р «Стратегия развития промышленности строительных материалов на период до 2030 г.»
2. Kuprina A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyk L.H., Elistratkin M.Y. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin // Research Journal of Applied Sciences. – 2014. – Т. 9, N. 11. – с. 816–819.
3. Махортов Д.С., Загороднюк Л.Х., Сумской Д.А., Аль Мамури Саад Кхалил Шаид. Получение вяжущих композиций оптимальных составов на основе портландцемента и отходов боя керамического кирпича // Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. – 2022. – № 7. – С. 45–52.

4. Баруздин А.А., Закревская Л.В. Композиционные материалы на основе строительных и полимерных отходов // Вестник МГСУ. – 2024. – Т. 19, № 2. – С. 205–214.

**Кравцов Е.Д., студент,
Войтенко О.Н., аспирант,
Кукин А.С. аспирант**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Высоцкая М.А.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ЭМУЛЬГАТОРЫ ДЛЯ БИТУМНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Широкое применение битумных эмульсий в дорожном строительстве обусловлено рядом технико-экономических преимуществ по сравнению с традиционными жидкими битумами. К ним относятся сокращение расхода вяжущего за счет формирования более тонкой пленки на минеральном материале, снижение энергозатрат, так как не требуется, нагрев эмульсии при укладке, улучшение условий труда и экологической безопасности, а также продление сезона дорожных работ [1].

При производстве битумных эмульсий ключевым технологическим этапом является введение эмульгаторов. Основная проблема, возникающая на стадии приготовления и хранения эмульсии, это коалесценция, то есть слипание и слияние частиц диспергированного битума, что приводит к их оседанию и расслоению системы. Для стабилизации эмульсии и предотвращения коалесценции применяют эмульгаторы. Стабилизирующий эффект достигается за счет образования защитного барьера на поверхности битумных капель. В качестве эмульгаторов могут выступать не только поверхностно-активные вещества (ПАВ), но и высокодисперсные порошки, способные закрепляться на границе раздела фаз. Их стабилизирующая способность определяется оптимальным балансом гидрофильных и гидрофобных свойств. Частицы с резко выраженной гидрофильностью полностью переходят в водную фазу, а гидрофобные в битумную. Стабильность эмульсии обеспечивают частицы с промежуточным значением краевого угла смачивания, которые образуют механический барьер, препятствующий слиянию капель [2].

Наибольшее распространение в дорожном строительстве получили катионные эмульгаторы, которые диссоциируют в воде с образованием положительно заряженных ионов [3]. К ним относятся такие соединения, как амины C17–C20, продукты на основе полиэтиленполиаминов (БП-3), четвертичные аммониевые соли и имидазолины [4]. Помимо катионных, на практике применяются также анионные и амфотерные эмульгаторы [5]. Исследования показывают, что отечественные катионные эмульгаторы, такие как МД-4, Дорос-ЭМ и Амдор-ЭМ, позволяют получать стабильные эмульсии, соответствующие требованиям ГОСТ. Механизм их действия основан на электростатическом отталкивании: ПАВ адсорбируются на поверхности битумных капель, сообщая им положительный заряд, что предотвращает сближение и коалесценцию частиц. Альтернативой являются твердые эмульгаторы, например, портландцемент или минеральный порошок, которые образуют вокруг капель прочный механический барьер [2].

Сравнительный анализ свойств водо-битумных эмульсий на основе различных типов ПАВ (табл. 1) показывает, что с увеличением концентрации эмульгатора условная вязкость катионных и анионных эмульсий закономерно возрастает, в то время как для амфотерных эмульгаторов эта зависимость выражена слабее [5]. По индексу распада полученные эмульсии относятся к средне-медленно- и быстрораспадающимся, что определяет их технологическую универсальность. Важно отметить, что амфотерные эмульгаторы, такие как Оксамин и Аминюкс-К, проявляют свойства в зависимости от pH среды: в кислой среде они работают как катионные, а в щелочной – как анионные [5].

Таблица 1

Сравнительная характеристика эмульгаторов

Название эмульгатора	Производитель	Назначение эмульгатора	Дозировка в эмульсии, %
1	2	3	4
МД – 4	г. Казань	Используется в качестве катионного эмульгатора для водо-битумных эмульсий быстрого и среднего распада	0,15 – 0,6
RedicoteEN44 Импортный эмульгатор	Akzonobel	Используется в качестве катионного эмульгатора для водо-битумных эмульсий быстрого и среднего распада	0,25-0,6
Амдор – ЭМ Промышленно применяемый эмульгатор	ЗАО «Амдор», г. Санкт-Петербург	Используется в качестве катионного эмульгатора для водо-битумных эмульсий быстрого, среднего и медленного распада	0,15 – 0,5

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Фосфол	АО «ИВХИМПРОМ», г. Иваново	Используется в качестве анионактивного эмульгатора для ВБЭ среднего и медленного распада	0,6 – 1,2
Азол 1021 Промышленно применяемый эмульгатор	ОАО «Котласский химический завод»	Используется в качестве анионактивного эмульгатора для ВБЭ среднего и медленного распада	0,5-0,7%
Аминокс – К	ООО «РусХимСинтез», г. Москва	Используется в качестве амфолитного эмульгатора для ВБЭ среднего и медленного распада	0,4 – 1,2

Количество вводимого эмульгатора является критическим параметром, определяющим свойства эмульсии. Экспериментально установлено, что повышение содержания эмульгатора в системе с 0,4 % до 1,2 % приводит к росту условной вязкости на 10–25 % и резкому повышению агрегативной устойчивости, практически полностью предотвращая коалесценцию битумных капель [6]. При этом увеличение дисперсности эмульсии, достигаемое за счет оптимизации дозировки эмульгатора, также ведет к росту вязкости и устойчивости [6]. Наряду с количеством эмульгатора, на свойства эмульсии существенное влияние оказывает групповой химический состав исходного битума. Установлено, что битумы I структурного типа с высоким содержанием асфальтенов (более 25 %) формируют эмульсии с повышенной вязкостью, но пониженной устойчивостью к расслоению. В то же время битумы II типа, характеризующиеся меньшим содержанием асфальтенов и большим – смол, легче эмульгируются и дают более стабильные эмульсии [7].

Важнейшей эксплуатационной характеристикой эмульсии является скорость ее распада, определяемая индексом распада. С увеличением дозировки эмульгатора индекс распада увеличивается, то есть эмульсия становится более медленнораспадающейся. Наибольшей вязкостью, как правило, обладают эмульсии, содержащие около 2 мас. % эмульгатора [3]. При этом адгезионные свойства эмульсионного вяжущего, в первую очередь зависят от вида и качества эмульгатора, выполняющего роль поверхностно-активного вещества. Исследования показывают, что все эмульсии, приготовленные с использованием катионных ПАВ, обладают хорошей адгезионной способностью [7, 5].

Одним из ключевых преимуществ использования отечественных эмульгаторов является их ценовая конкурентоспособность [5].

Это, наряду с такими преимуществами битумных эмульсий, как экономия битума на 30–40 % и снижение энергозатрат, делает

технологии на их основе крайне перспективными для широкого внедрения в дорожное строительство [1].

Современным направлением исследований является разработка многофункциональных реагентов, совмещающих свойства эмульгатора и адгезионной присадки. Примером служит катионный эмульгатор ЭМК-1, синтезированный на основе отходов производства шерстяных комбинатов. Его применение позволяет не только стабилизировать эмульсию, но и улучшать сцепление битума с поверхностью каменного материала [4]. Перспективным также выглядит комбинирование жидких и твердых эмульгаторов, а также расширение ассортимента используемых анионных и амфотерных ПАВ отечественного производства, что позволяет целенаправленно регулировать свойства битумных эмульсий и расширять области их эффективного применения в дорожном строительстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мокшин Р.И., Абрамова Л.И., Ивахникова А.С., Мокшин Д.И. Модификация битума эмульгаторами // Инновационное развитие науки и образования. 2020. С. 44–46.

2. Тыртышов Ю.П., Скориков С.В., Ещенко А.И., Шевченко В.Г. Теоретические предпосылки применения цемента в качестве битумного эмульгатора // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. 2006. № 5 (9) С. 27–32.

3. Ганнева Т.Ф., Кемалов А.Ф., Фахрутдинов Р.З., Нуриев И.М. Эмульгаторы водобитумных эмульсий, применяемых в дорожном строительстве // Казанский государственный технологический университет.

4. Скориков С.В., Лозикова Ю.Г. Катионный эмульгатор ЭМК-1 для битумных эмульсий // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура. 2015. № 1 (37). С. 88–98.

5. Бикмуллина Р.Р., Емельянычева Е.А., Абдуллин А.И. Водобитумные эмульсии на основе эмульгаторов отечественного производства // Вестник технологического университета. – 2019. – Т. 22, № 10. – С. 34–38.

6. Коротков А.В., Высоцкая М.А. Изучение водной фазы катионных битумных эмульсий, используемых для поверхностной обработки автомобильных дорог // Современные проблемы безопасности жизнедеятельности: настоящее и будущее: материалы III Международной научно-практической конференции в рамках форума "Безопасность и связь". Казань: Научный центр безопасности жизнедеятельности, 2014. С. 634–640.

7. Бикмуллина Р.Р., Тенников А.А., Абдуллин А.И., Емельянычева Е.А. Оценка влияния структурно-группового состава нефтяных дорожных битумов на их эмульгируемость // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21, № 11. С. 41–44.

**Лимощенко В.А., студент,
Каленко Н.И., магистрант**

**Научный руководитель: ст. преп.
Марушко М. В.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИННОВАЦИОННЫЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Применение в строительстве современных высококачественных, ресурсосберегающих материалов, изделий и конструкций позволяет существенно снизить материалоемкость и энергоемкость строительных объектов и значительно повысить эффективность строительной отрасли. Современный уровень развития производства строительных материалов, изделий и конструкций играет одну из ключевых ролей в решении экологических проблем цивилизации [1, 2].

Одним из основных вопросов строительной отрасли остается повышение энергоэффективности зданий для создания комфортных условий жизнедеятельности граждан. За многие десятилетия развития строительных материалов для утепления зданий и сооружений ведущими являются плитные утеплители на основе минеральной ваты, экструдированных пенополистиролов, пенопластов и пенополиуретанов. Однако, для обеспечения качественного теплоизоляционного слоя ограждающих конструкций, применение этих материалов требует особого контроля за соблюдением технологии монтажа.

Избежать затрат времени и средств на создание дополнительного утепления возможно, используя инновационные строительные материалы с низким коэффициентом теплопроводности. Проектируя несущие и ограждающие конструкции из данных материалов, необходимо учитывать и другие характеристики, такие как прочность на сжатие, морозостойкость, пористость, влагопоглощение и другие. Внедрение энергоэффективных материалов и технологий

строительного производства позволяет существенно сократить время возведения зданий, что приводит к развитию строительной индустрии.

В последние годы в России стали функционировать десятки современных заводов по производству изделий из ячеистого бетона и сформировалась отрасль по производству высококачественной продукции, соответствующей лучшим мировым стандартам.

Решение вопросов энергоэффективного производства изделий из ячеистого бетона и их применения при строительстве зданий с улучшенной теплозащитой являются взаимосвязанными вопросами. Ячеистый бетон, полученный из сухой строительной смеси, характеризуется высокими физико-механическими свойствами: марка по средней плотности D400, класс по прочности B1,5, коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,08 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$, марка по морозостойкости F50. Эти характеристики выделяют газобетон на фоне других ограждающих материалов. Низкий коэффициент теплопроводности позволяет использовать ячеистый бетон в качестве материала наружных стен без дополнительного утепления в некоторых южных регионах России. При этом применение больших по размерам блоков с правильной геометрической формой позволяет значительно сократить время на выполнение кладочных работ [3-7].

Применение ячеистобетонных изделий для возведения несущих конструкций требует выполнение ряда мероприятий. В зависимости от нагрузки в определенных конструкциях из газобетона может потребоваться дополнительное армирование сетками или арматурными стержнями для предотвращения образования трещин и деформаций кладки. Стоит отметить, что наружные стены из ячеистых бетонов следует защищать от воздействий внешней среды. Открытая структура ячеек газобетона позволяет ему быстро впитывать влагу из окружающей среды, что негативно сказывается на его внешней поверхности при замерзании влаги в порах.

Энергоэффективным материалом, получившим широкое распространение в строительстве, который по некоторым характеристикам превосходит ячеистые бетоны, является теплая керамика. Благодаря своей пористой структуре этот тип керамического блока обладает превосходными теплоудерживающими свойствами и способностью эффективно отводить влагу. Данный материал обладает высокой морозостойкостью. При изготовлении керамических блоков предусматриваются технологические пазы и гребни, что позволяет экономить на использовании вертикальных растворных швов и сократить расход цемента. Кладка с использованием такого материала исключает появление мостиков холода, и ограждающие конструкции не

требуют дополнительной теплоизоляции. В некоторых случаях для скрепления теплой керамики можно использовать специализированный клей, что позволяет вообще отказаться от применения цемента [8].

В сравнении с ячеистым бетоном, керамические блоки обладают большей механической прочностью, меньшими деформациями при воздействии больших нагрузок, меньшим водопоглощением, что гарантирует сохранение теплового сопротивления стены при намокании. При этом коэффициент теплопроводности теплой керамики $\lambda = 0,18-0,2 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$, что немного хуже, чем у ячеистого бетона.

Инновационный материал, который совмещает в себе высокие прочностные характеристики и хорошие теплотехнические показатели, был изобретен за рубежом и получил название «Аэробрикс». Это пористый керамический блок, полости которого заполнены особым веществом – аэрогелем (рис. 1).



Рис. 1. «Аэробрикс» – керамический блок, полости которого заполнены аэрогелем

Аэрогели – класс материалов, представляющих собой гель, в котором жидкая фаза полностью замещена газообразной. В результате жидкость приобретает очень малую плотность, хорошую пористость и высокую площадь удельной поверхности. За счет такой структуры у аэрогеля формируются такие характеристики, которые принципиально отличают его от конкурентной продукции на строительном рынке [9]. Теплопроводность аэрогеля в 2-5 раз эффективнее традиционных утеплителей, коэффициент теплопроводности минеральной ваты $\lambda = 0,03-0,047 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$, тогда как аэрогеля $\lambda = 0,013-0,016 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$.

Аэрогель в полостях кирпича находится в виде пасты, которая имеет отличную адгезию к керамике блока, благодаря чему, полости надежно заполнены теплоизолирующим материалом, который сохраняет свою форму на этапе кладки стен [10]. Технология кладки из усовершенствованного кирпича ничем не отличается от традиционной. Это значительно упрощает ввод нового материала в эксплуатацию, так как для работы с данным материалом не требуется специально

обученный персонал. Как в случае с ячеистыми бетонами, низкий коэффициент теплопроводности ($\lambda = 0,13-0,18 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{С)}$) позволяет использовать «Аэробрикс» в качестве материала наружных стен без дополнительного утепления в южных регионах России.

Основным недостатком использования аэрогеля в качестве заполнителя керамических блоков является высокая стоимость производства этого материала, что на данный момент не позволило получить ему широкого распространения в строительной отрасли России [11].

Появление инновационных материалов положительно влияет на строительную отрасль. Правильный выбор новых строительных материалов и изделий, при проектировании зданий и сооружений, позволяет с каждым годом совершенствовать эффективность строительства капитальных объектов, уменьшая сроки строительства, повышая теплотехнические характеристики зданий, улучшая экологические аспекты жизнедеятельности граждан.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л. А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 1. – С. 9-16.

2. Сулейманова Л. А. Зеленое строительство модульных зданий / Л. А. Сулейманова, С. Ван // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов IX Международной научно-практической конференции, Белгород, 15 апреля 2025 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 145-151.

3. Сулейманова Л. А., Коломацкая С. А., Кара К. А. Энергоэффективный газобетон // Научные и инженерные проблемы строительной-технологической утилизации техногенных отходов, Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. – С. 218-220.

4. Никулина Ю. А. О влиянии влажностных условий на характеристики бетонов на завершающем этапе эксплуатации объекта капитального строительства при управлении его жизненным циклом / Ю. А. Никулина, Л. А. Сулейманова // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов IX Международной научно-практической конференции, Белгород, 15 апреля 2025 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 163-167.

5. Марушко М. В. Влияние рецептурно-технологических факторов на физико-механические характеристики термовакuumированного

неавтоклавного ячеистого бетона на основе гусяноозерской золы-уноса / М. В. Марушко, И. А. Погорелова, Л. А. Сулейманова // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов IX Международной научно-практической конференции, Белгород, 15 апреля 2025 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 268-273.

6. Рябчевский И. С. Проектирование рецептурно-технологических факторов производства теплоизоляционных пенобетонов на основе сухих смесей / И. С. Рябчевский, И. А. Погорелова, Л. А. Сулейманова // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов IX Международной научно-практической конференции, Белгород, 15 апреля 2025 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 294-298.

7. Марушко М. В. Исследование влияния рецептурно-технологических факторов на физико-механические характеристики термовакуумированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения / М. В. Марушко, И. А. Погорелова, Л. А. Сулейманова // Вестник евразийской науки. – 2024, № 6. С. 1-13.

8. Ильина К. В. Теплая керамика / Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XXXII Международной научно-практической конференции, Пенза. 2023. – С. 48-50.

9. Фадеева Д. В. Применение аэрогеля в качестве теплоизоляционного материала // Развитие производительных сил Кузбасса: история, современный опыт, стратегия будущего: Материалы Международной научно-практической конференции. – Москва: Российская академия наук, 2024. – С. 197-199.

10. Мамонтов И. А., Скрыпник М. Э., Рыбалкина А. В. Аэробрикс: анализ преимуществ и недостатков современного строительного материала // Актуальные проблемы современной когнитивной науки: сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции, Воронеж. 2021. – С. 76-78.

11. Жанатулы А. Новейшие технологии в строительстве. Эффективность теплого кирпича «Аэробрикс» // Научный аспект. – 2024. – № 3 – С. 4366-4370.

Писанная В.В., студент

Научный руководитель: ст. преп.
Руденко О.Л.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕТСКОЙ МЕБЕЛИ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В статье проведен комплексный анализ конструктивных особенностей детской мебели, направленных на минимизацию физических, экологических и эргономических рисков. На основе системного подхода риски классифицированы, и для каждого класса предложены инженерно-технические решения. Особое внимание уделено противоречию между необходимостью обеспечения динамической прочности и минимизации травмоопасности. Рассмотрены перспективные материалы и «умные» технологии, интегрируемые в конструкции для повышения уровня безопасности. Доказывается, что безопасность должна быть не следствием, а закладываться на этапе проектного конструирования.

Проблема безопасности детской мебели выходит за рамки простого соответствия санитарно-гигиеническим нормам. Это комплексная задача, находящаяся на стыке материаловедения, инженерии, эргономики и детской психологии. Традиционный подход, ориентированный на пост-производственный контроль, уступает место методологии «педантичного дизайна», при котором безопасность является не атрибутом, а фундаментальным принципом, закладываемым в конструкцию на этапе проектирования. Цель данного исследования – систематизировать конструктивные риски и предложить научно обоснованные решения для их нивелирования.

Риск механического повреждения: устойчивость и прочность. Наиболее очевидная группа рисков связана с механическим воздействием. Статистика показывает, что до 40 % травм, связанных с мебелью, происходят из-за ее опрокидывания.

Конструктивное решение – расчет на экстремальные нагрузки. Помимо требований стандартов (например, ГОСТ 19917-2014), необходимо проводить расчет статической и динамической устойчивости с учетом «коэффициента детской активности» (КДА) – параметра, моделирующего нестандартные нагрузки (прыжки,

раскачивание, взбирание). Для высоких объектов (стеллажи, комоды) обязательным становится не просто использование стенового крепления, а проектирование интегрированной системы антипрокидывания в виде стального троса или скобы, являющейся частью конструкции, а не дополнением к ней.

Прочность соединений. Соединения на металлических конфирматах демонстрируют низкую стойкость к знакопеременным нагрузкам. Более надежными являются комбинированные соединения: шип-паз + клей + стяжка, или применение сквозных болтовых стяжек с распределительными шайбами, которые предотвращают смятие материала.

Риск травматизма: элиминация опасных элементов. Острые углы и кромки – источник до 35 % всех детских травм в быту.

Конструктивное решение – применение теории радиусов. Эмпирическим путем установлено, что минимальный безопасный радиус скругления для детской мебели составляет $R \geq 12$ мм. Такой радиус эффективно рассеивает энергию удара. Перспективным направлением является использование амортизирующих полимерных накладок, интегрированных в торцы полок и столешниц, которые не только безопасны, но и поглощают шум.

Решение для подвижных элементов. Выдвижные ящики должны проектироваться с двухступенчатыми системами безопасности:

1. Доводчики, исключающие резкий ход.
2. Стоп-фиксаторы, предотвращающие полное выпадение ящика даже при приложении значительного усилия.

Для дверок оптимальны петли с встроенным механизмом плавного закрывания и фиксации в промежуточных положениях.

Риск удушья и защемления: учет антропометрии и поведения. Дети исследуют мир тактильно, что создает риски, нехарактерные для взрослой мебели.

Конструктивное решение – регламентация зазоров. Согласно исследованиям, опасными являются зазоры в диапазоне от 6 до 12 мм (риск защемления пальцев) и от 95 до 230 мм (риск прохождения головы и шеи с последующим удушьем). Конструкция должна исключать такие зазоры в раздвижных и откидных элементах. Мебель с замкнутыми объемами (сундуки, ящики для игрушек) обязана иметь перфорационные вентиляционные отверстия суммарной площадью не менее 200 см² и механизмы с доводчиками, исключающими самопроизвольное захлопывание.

Неверно спроектированная мебель является латентным фактором риска развития сколиоза, миопии и хронического мышечного утомления.

Конструктивное решение – адаптивность. Конструкция должна быть не статичной, а трансформируемой, с возможностью регулировки ключевых параметров под растущий организм. Например, конструкция учебного стола должна предусматривать регулировку не только по высоте (с шагом 5-6 см), но и угла наклона столешницы (от 0 до 15°), что обеспечивает физиологически правильное положение тела при различных видах деятельности (письмо, рисование, чтение).

Химическая безопасность напрямую зависит от выбора материалов и способов их финишной обработки.

Конструктивное решение – стратегия послойного подбора. Рекомендуются применять принцип «сэндвича»: внутренние, невидимые элементы (ребра жесткости, стенки ящиков) могут выполняться из качественной фанеры или МДФ класса эмиссии E1, в то время как все внешние поверхности должны быть изготовлены из массива дерева твердых пород (бук, ясень, клен) с финишной отделкой маслами или восками на натуральной основе. Это исключает миграцию летучих органических соединений в окружающую среду.

Перспективные направления: «умная» безопасность. Развитие технологий позволяет вывести безопасность на новый уровень. Перспективным является внедрение в конструкцию: датчиков вибрации и наклона, предупреждающих родителей о риске опрокидывания; встроенных ограничителей нагрузки на выдвижные элементы, срабатывающих при превышении допустимой массы; самозатягивающихся крепежных систем, компенсирующих естественное расшатывание соединений со временем.

Проведенный анализ демонстрирует, что обеспечение безопасности детской мебели – это сложная, многокритериальная задача, требующая системного инженерного подхода. Конструктивные решения должны быть превентивными и комплексными, охватывая все аспекты: от макроуровня (устойчивость всего изделия) до микроуровня (качество кромки и экология покрытия). Внедрение методологии «педантичного дизайна», основанной на глубоком понимании детской физиологии и поведенческих паттернов, позволит создавать не просто предметы обстановки, а безопасную среду, способствующую здоровому развитию ребенка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Овсянников С.И., Ковш А.Ю. Повышение качества клееного бруса и конструкций из древесины. Saarbuken: LAPLAMBERT, 2019. 85 с.
2. Овсянников С. И. Основные древесные породы Российской Федерации и их свойства: учебное пособие для вузов / С. И. Овсянников. – Санкт-Петербург: Лань, 2025. – 144 с.
3. Петров, А.И. Методология педантичного дизайна в проектировании предметов для детей / А.И. Петров // Вестник МГУДТ. – 2021. – Т. 16, № 2. – С. 45-52.
4. ГОСТ 16371-2014 «Мебель. Общие технические условия». – М.: Стандартиформ, 2014. – Этот фундаментальный документ устанавливает общие требования к безопасности мебели, включая параметры устойчивости, прочности, а также требования к отделке поверхностей и кромок, что напрямую связано с защитой от травм.
5. Фомичева, Е.В. «Детская мебель: проектирование и дизайн» / Е.В. Фомичева // Журнал «Леспроминформ», № 4(112), 2018. – С. 78-82. – В научной статье анализируются современные тенденции и конкретные конструктивные решения, направленные на повышение безопасности и функциональности детской мебели, включая использование систем плавного закрывания и трансформируемых элементов.
6. «Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 025/2012 «О безопасности мебельной продукции»». – Евразийская экономическая комиссия, 2012. – Это основной документ, обязательный для исполнения на территории стран ЕАЭС. Он устанавливает исчерпывающий перечень требований по механической, химической и пожарной безопасности, которым должна соответствовать любая мебель, включая детскую.
7. Овсянников С.И., Руденко О.Л. Современные тенденции использования древесины в архитектурных конструкциях. В сборнике: Инновационное проектирование в современном обществе. Сборник материалов Международной объединенной научно-практической конференции. Белгород, 2024. С. 105-117.
8. Овсянников С.И., Руденко О.Л., Гиренко М. Особенности конструкций современных фахверковых домов. В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня образования БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2024. С. 109-113.

Рулев Д.А., аспирант,
Потапов Д.Ю., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Маркова И.Ю.,
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХРИЗОТИЛА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Хризотил, или белый асбест, на протяжении более чем столетия остается одним из значимых минеральных волокон в строительной индустрии благодаря своим уникальным физико-механическим и термостойким свойствам. Промышленное применение хризотила в строительстве начало формироваться после открытия в 1885 г. Баженовского месторождения в Свердловской области – крупнейшего в мире по запасам хризотил-асбеста [1]. Систематическое освоение месторождения стартовало лишь в 1922 г. с созданием треста «Ураласбокомбинат», что положило начало развитию отечественной хризотиловой промышленности и обеспечило сырьевую базу для производства асбестоцементных изделий [2]. Ключевым технологическим прорывом стало патентование в 1901 г. австрийским инженером Л. Гатчеком метода производства хризотилцементных композитов, позволившего эффективно использовать высокую прочность на разрыв, эластичность и термостойкость хризотиловых волокон для армирования цементных матриц.

Исследования, посвященные применению хризотила в строительных материалах, охватывают широкий спектр направлений – от фундаментального изучения его минералогических и физико-химических характеристик до разработки композитов нового поколения. Научный интерес к хризотилу обусловлен не только его исторической ролью в строительной индустрии, но и объективными преимуществами, которые он демонстрирует в сравнении с рядом синтетических и природных аналогов. В частности, хризотил обладает высоким модулем упругости (до 200 ГПа), устойчивостью к щелочной среде цементного камня и способностью образовывать прочные межфазные связи с матрицей, что обеспечивает эффективное армирование даже при низких объемных концентрациях (0,5–2 % по массе) [3]. Эти свойства были детально исследованы в работах российских ученых, где подчеркивается, что хризотил, в отличие от амфибол-асбестов, характеризуется быстрой биодegradацией в легочной ткани и значительно меньшим канцерогенным потенциалом

при контролируемом использовании [4].

Практическое применение хризотила в строительстве исторически было связано преимущественно с производством асбестоцементных изделий. Асбестоцемент – композит на основе портландцемента и хризотилowych волокон – получил широкое распространение благодаря сочетанию прочности, долговечности, огнестойкости и низкой стоимости [5]. В СССР и позже в России асбестоцементные листы (шифер) и трубы составляли основу инфраструктурного строительства: их использовали для кровли жилых и промышленных зданий, устройства водопроводных и канализационных сетей, дренажных систем. Баженовское месторождение, являющееся одним из крупнейших в мире по запасам хризотила, обеспечивало стабильное снабжение отечественной промышленности сырьем высокого качества. При этом технология производства асбестоцемента постоянно совершенствовалась: внедрялись методы мокрого формования, вакуумного обезвоживания и автоклавной обработки, что позволяло получать изделия с повышенной плотностью, морозостойкостью и устойчивостью к коррозии.

В последние десятилетия, несмотря на рост регуляторных ограничений в ряде стран, связанных с общей классификацией асбеста как канцерогена, научное сообщество продолжает изучать возможности безопасного и эффективного использования именно хризотила. Более того, в условиях, когда альтернативные волокна (стекло-, базальт-, полипропиленовые) либо уступают по совокупности свойств, либо значительно дороже, хризотил сохраняет конкурентоспособность, особенно в странах с развивающейся экономикой и ограниченными ресурсами.

Современные научные разработки направлены на расширение функциональных возможностей хризотила за счет его модификации и интеграции в новые типы строительных композитов [6]. Например, в отечественных работах показано, что хризотил может выступать не только как армирующий компонент, но и как активный минеральный наполнитель, способствующий уплотнению структуры цементного камня и снижению проницаемости бетона. Благодаря высокой удельной поверхности и реакционной способности, хризотилowe волокна способны взаимодействовать с продуктами гидратации цемента, формируя дополнительные связи на границе раздела фаз. Это приводит к повышению прочности на изгиб и ударную вязкость композита, что особенно важно для конструкций, подверженных динамическим и циклическим нагрузкам.

Особое внимание в последние годы уделяется применению хризотила в модифицированных цементных системах, включая полимерцементные и геополимерные композиты. Введение

хризотилowych волокон в такие матрицы позволяет не только компенсировать их хрупкость, но и улучшить адгезию, водонепроницаемость и устойчивость к агрессивным средам. Экспериментальные данные свидетельствуют, что даже при замене части цемента на промышленные отходы (золу-уноса, микрокремнезем), хризотил сохраняет свою эффективность как армирование, что открывает перспективы для создания экологически ориентированных строительных материалов с пониженным углеродным следом [7].

Перспективным направлением является также использование хризотила в «умных» и функциональных строительных материалах. Например, исследования показывают, что хризотил может служить носителем для наночастиц (диоксида титана, оксидов металлов), что позволяет создавать фотокаталитические покрытия, способные разлагать органические загрязнители под действием солнечного света. Кроме того, благодаря своей волокнистой структуре и термостойкости, хризотил рассматривается как компонент теплоизоляционных и огнезащитных составов, в том числе для применения в высотном и промышленном строительстве.

Важно подчеркнуть, что перспективы использования хризотила в строительстве напрямую зависят от развития нормативно-технической базы и внедрения современных технологий контроля воздействия на окружающую среду и здоровье человека [8]. В России действуют строгие правила, регулирующие предельно допустимые концентрации хризотиловой пыли на рабочих местах и в атмосферном воздухе. Кроме того, предприятия, использующие хризотил, обязаны применять замкнутые технологические циклы, системы пылеулавливания и средства индивидуальной защиты. Эти меры, подтвержденные многочисленными эпидемиологическими исследованиями (в том числе когортными исследованиями работников асбестоцементных заводов в России), свидетельствуют об отсутствии статистически значимого роста заболеваемости при соблюдении установленных норм [9].

Таким образом, хризотил остается актуальным материалом в контексте современного строительства, особенно в свете задач по обеспечению долговечности, энергоэффективности и устойчивости инфраструктурных объектов. Его уникальные свойства, подтвержденные как историческим опытом, так и современными научными исследованиями, позволяют рассматривать его не как устаревший компонент, а как ресурс для разработки инновационных строительных решений. В условиях глобального перехода к циркулярной экономике и необходимости снижения зависимости от импортных материалов, рациональное и безопасное использование отечественного хризотила, добываемого на Баженовском

месторождении, приобретает стратегическое значение для обеспечения технологического суверенитета строительной отрасли. Однако ключевым фактором, определяющим будущее хризотила в строительстве, остаются вопросы безопасности. Научное сообщество продолжает дискуссию, но современные исследования, в том числе по оценке эмиссии волокон из асбестоцементных изделий под действием погодных факторов, указывают на крайне низкий уровень выделения хризотила в окружающую среду при нормальной эксплуатации материалов. Эксперты ВОЗ отмечают, что риск для здоровья населения, не связанного профессионально с добычей и переработкой минерала, является незначительным. В то же время, признано, что для работников производств необходимы строгие меры гигиенического контроля. В России разработаны и утверждены правила гигиенической оценки использования хризотила в строительных материалах и при возведении зданий, что создает нормативную основу для его безопасного применения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Салахияев, А.Г. 125 лет со дня открытия Баженовского месторождения хризотил-асбеста / А.Г. Салахияев // Горное оборудование и электромеханика. – 2010. – № 9. – С. 2-6.
2. Сиялова, Л.Н. ОАО "Ураласбест". Хризотил-асбест - минерал для жизни / Л.Н. Сиялова // Горная промышленность. – 2018. – № 5(141). – С. 23.
3. Щеткова, Е.А. Хризотил как оптимальный армирующий агент для фибробетонов / Е.А. Щеткова, Р.В. Севастьянов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2015. – № 2. – С. 174-191.
4. Современный взгляд на проблему профессиональных заболеваний легких от воздействия хризотил асбеста / Ш.С. Койгельдинова, С.А. Ибраев, Г.О. Жузбаева, А. К. Касымова // Вестник Карагандинского университета. Серия: Биология. Медицина. География. – 2015. – Т. 79, № 3. – С. 122-131.
5. Исследование термического разложения хризотила Халиловского месторождения / И.П. Кременецкая, Т.К. Иванова, Н.О. Зулумян [и др.] // Труды Кольского научного центра РАН. – 2018. – Т. 9, № 2-2. – С. 852-856.
6. Булдаков, С.И. Перспективы и проблемы использования отходов производства асбеста для дорожного строительства / С.И. Булдаков, А.Ю. Дедюхин // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. – 2008. – № 3. – С. 115-117.
7. Куценко, П.А. Хризотил-цемент как перспективный материал в строительстве / П.А. Куценко, Л.Ю. Пириева, А.В. Абзалилова // Наука

и инновации в строительстве: Сборник докладов IX Международной научно-практической конференции, Белгород, 15 апреля 2025 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 255-259.

8. Ковалевский, Е.В. Нормативно-методическое обеспечение безопасного контролируемого использования хризотил-асбеста в России / Е.В. Ковалевский, С.В. Кашанский // Медицина труда и промышленная экология. – 2011. – № 5. – С. 44-48.

9. Пылев, Л.Н. Хризотил-цементная промышленность – источник канцерогенной опасности? / Л.Н. Пылев, О.В. Смирнова, А.И. Везенцев // Токсикологический вестник. – 2011. – № 4(109). – С. 46-50.

Скирдин Д. С., студент

Научный руководитель: ст. преп.

Руденко О.Л.

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПОРОДЫ ДРЕВЕСИНЫ И ИХ СВОЙСТВА

Древесина является уникальным композитным материалом. Созданный природой. Каждая порода обладает уникальными свойствами, которые дали ей необходимое эволюционное преимущество для выживания. Что делает каждую породу особенной и определяет ее использование человеком. Понимание этого позволяет сделать максимально подходящий, для стоящих задач, материал, к примеру, высоко ценится доступность и прочность сосны и лиственницы в сфере строительства, а дуб отлично подходит в качестве отделочного материала.

Все породы делятся на хвойные и лиственные, что является одним из главных отличительных факторов. Хвойные породы, как правило, наиболее распространены и составляют около 80 % всего объема леса в Российской Федерации. Их общая отличительная особенность – это наличие высокой смоистости, что в свою очередь дает впечатляющая стойкость к гниению, физико-механическим повреждениям, а также ущербу, наносимому насекомыми.

Сосна один из основных материалов, имеет высокую прочность и легкую обрабатываемость. Сосну используют в домостроении, как один из основных видов сырья на протяжении многих столетий и даже по сей день, она занимает лидирующие позиции среди строительных материалов.

Лиственница в мире пород, является крайне особенной. Самая заметная черта этой породы, ее главная особенность, заключается в том, что, являясь хвойной породой, она каждую осень сбрасывает хвою, благодаря чему, она и получила свое название. Среди строительных материалов она не менее особенная. Любая другая древесина в воде начинает гнить, однако лиственница, наоборот начинает каменеть. Это происходит благодаря большой плотности и высокому содержанию смолы с повышенной биостойкостью. По сей день, уже несколько столетий Венеция стоит на сваях из этой породы.

Ель имеет более мягкую древесину, в сравнении с другими хвойными деревьями, а также менее смолистая. Однако ее отличием является резонансное свойство, благодаря которому, ель широко распространена в мире музыкальных инструментов, из нее производят деки скрипок и гитар.

Лиственные породы ценятся своей высокой плотностью, твердостью и многообразием текстур.

Древесина дуба считается эталоном прочности, твердости и долговечности. Чаще всего его применяют при производстве массивной мебели, паркета, предметов роскоши. Помимо этого, древесина дуба имеет широкое распространение в алкогольной промышленности, как сырье для бочек. Именно благодаря этой породе, напитки приобретают особенный аромат.

Бук ценится благодаря его однородной структуре и высокой прочности на изгиб. Его возможность гнуться при гидротермической обработке делает его незаменимым в производстве гнутых деталей, например, венских стульев. Гладкая поверхность бука наилучшим образом подходит для изготовления игрушек, кухонных досок и рукояток инструментов.

Древесина березы имеет однородную и твердую древесину, но при этом она отлично поддается любой обработке, особенно токарной. Из древесины березы изготавливают фанеру, лыжи и предметы декора (рис. 1). Помимо этого, есть уникальная разновидность карельской березы, которая является большой редкостью и очень высоко ценится.

Акация является быстрорастущей породой. В первый год жизни они могут достигать высоты до 1,5 м. К 12-15 годам акация может достигать высоты 15-18м. Но ближе к 30 годам скорость роста замедляется. Акация нашла место в декоративной сфере деятельности. Обладая красивой структурой и рисунком, а также податливостью к легкому гнущу, она часто используется в производстве мебели (рис. 2).



Рис. 1. Тумба из карельской березы



Рис. 2. Стол из акации

Порода Венге является редкой и дорогой. Тяжелая, твердая, устойчивая к разрушению под действием грибков или насекомых, венге нашла свое применение в производстве мебели, декора, отделки и паркета. Часто ее используют с другими, более светлыми породами, для создания сочетания в шпоне или паркете

Ясень отличается высокой ударной вязкостью, эластичностью и малым потенциалом к растрескиванию. Благодаря этим характеристикам ясень используют в производстве лестниц и паркета, а также в изготовлении гнутой и резной мебели, облицовочного шпона, оконный рам, перил и других изделий для дома (рис. 3).



Рис. 3. Паркет из ясеня

На сегодняшний день задокументировано примерно 64 000 видов деревьев. А кроме этого, по оценкам ученых существует еще около

видов не изученных, так как многие участки нашей планеты не удастся изучить, а картирование весьма ограничено. И определенно точно можно утверждать, что каждому из видов нашлось бы полезное применение, будь то сельское хозяйство, строительная сфера, декоративные изделия или более точечное применение, к примеру использование в авиационной или космической сфере. Дерево является неотъемлемой частью нашей жизни и имеет настолько обширный объем его применений, что его невозможно заменить в полной мере

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Овсянников, С. И. Деревянное домостроение за рубежом и в России / С. И. Овсянников // Наука и инновации в строительстве: (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): сборник докладов международной научно-практической конференции: в 2 т., Белгород, 21 апреля 2017 года / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Том 1. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2017. – С. 309-315. – EDN ZDXJUL.

2. Дьяченко, В. Ю. Особенности возведения столбчатых фундаментов в деревянном домостроении / В. Ю. Дьяченко, С. И. Овсянников // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов Международной научно-практической конференции (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова). – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. – С. 219-223. – EDN VQZGES.

3. Обоснование породного состава древесины CLT панелей для многоэтажных деревянных зданий / С. И. Овсянников, О. Л. Руденко, А. Р. Загуляева, Д. С. Скирдин // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов IX Международной научно-практической конференции. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 52-57.

4. Руденко, О. Л. Древесина как сырье для строительных конструкций / О. Л. Руденко // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня образования БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2024. – С. 359-364.

5. Минибаев, А. А. Исследование свойств и преимуществ термически модифицированной древесины / А. А. Минибаев, С. И. Овсянников // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов V Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Том 2. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 189-195. – EDN VGJIAC.

Скороходова М.Р., студент

**Научный руководитель: ст. преп.
Иванова В.Ф.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПОВЫШЕНИЕ ОГНЕЗАЩИТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ КАК ЭЛЕМЕНТ СТРАТЕГИИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В условиях современной урбанизации, активного строительства и усложнения архитектурно-планировочных решений зданий и сооружений вопросы обеспечения пожарной безопасности всегда остаются актуальными. Пожары в жилых, общественных и производственных зданиях не только создают прямую угрозу жизни и здоровью людей, но и приводят к значительным экономическим потерям, нарушению функционирования объектов инфраструктуры, загрязнению окружающей среды. В этих условиях чрезвычайно важно формирование комплексной стратегии пожарной безопасности, предполагающей как активные, так и пассивные меры защиты [1]. Одним из ключевых направлений пассивной пожарной защиты выступает обеспечение огнезащиты строительных материалов, используемых при возведении и отделке зданий.

В отличие от активных средств, таких как системы автоматического пожаротушения, сигнализации и дымоудаления, огнезащитные меры направлены на предотвращение или существенное замедление развития пожара за счет физических и химических характеристик используемых строительных материалов. Именно это позволяет выигрывать время, необходимое для эвакуации людей, вызова и прибытия пожарно-спасательных подразделений, а также для начала работы технических средств тушения и локализации огня. Материалы, обладающие низкой огнестойкостью и высокой горючестью, способствуют быстрому распространению огня, что значительно снижает время, необходимое для эвакуации людей и организации тушения [2]. В то же время, не всегда возможно полностью исключить использование таких материалов из строительной практики, особенно при строительстве объектов из древесины, полимеров и композитов. В этой связи актуальными становятся научные и практические задачи, связанные с повышением их огнезащитных свойств.

Современные подходы к повышению огнестойкости строительных материалов основаны на использовании как традиционных, так и инновационных технологий, позволяющих существенно изменить поведение материалов при воздействии высоких температур, снизить их

горючесть, воспламеняемость, тепловыделение, а также замедлить распространение огня. Одним из наиболее широко применяемых методов является огнезащитная обработка с использованием антипиренов – специальных химических соединений, способных тормозить процессы горения. Пропитка материалов растворами антипиренов осуществляется, как правило, методом погружения, вакуумно-прессовой обработки либо нанесением на поверхность [3]. Этот метод особенно эффективен при защите древесины, фанеры, тканей и других пористых материалов. Он позволяет существенно снизить их воспламеняемость и тепловыделение, а в ряде случаев перевести материал из категории горючих в слабогорючие.

Другим распространенным способом повышения огнестойкости является применение огнезащитных покрытий, представляющих собой лакокрасочные, штукатурные или мастичные составы, которые при нагреве образуют теплоизолирующий слой или вспениваются, создавая защитную оболочку. Такие покрытия применяются для защиты металлических, деревянных и железобетонных конструкций. Особенно эффективно они используются для предотвращения потери несущей способности металлических элементов, которые под действием высоких температур могут терять прочностные характеристики уже при 500–600 °С [4]. Значительные результаты достигаются также за счет модификации состава строительных материалов. В этом случае огнестойкость обеспечивается не внешней обработкой, а внедрением в структуру материала специальных наполнителей, антипиренов или минеральных добавок, снижающих его горючесть и увеличивающих термическую стабильность. Например, в состав пластмасс вводят галогенсодержащие соединения, гидроксиды алюминия и магния, соединения фосфора и азота, которые при нагреве выделяют негорючие газы, способствующие подавлению пламени.

Еще одним из конструктивных методов повышения огнестойкости является использование многослойных и композитных строительных систем, в которых негорючие и слабогорючие материалы чередуются с теплоизоляционными прослойками [5]. Такие решения позволяют эффективно локализовать распространение огня, обеспечивая термическую защиту внутренних и несущих конструкций. Примером могут служить сэндвич-панели с минеральной ватой, облицовочные фасадные системы с негорючими вставками и противопожарные перегородки.

Особое внимание в последние годы уделяется инновационным и нанотехнологическим решениям, включая разработку новых терморасширяющихся покрытий, нанокompозитов и гибридных систем огнезащиты [6]. Эти материалы способны реагировать на тепловое воздействие с образованием защитных углеродных или керамических

слоев, препятствующих доступу кислорода и теплопередаче. В ряде случаев такие технологии позволяют достигать высоких показателей огнестойкости при сохранении низкой массы и высокой технологичности.

Огнезащита оказывает непосредственное влияние на такие параметры, как предел огнестойкости строительных конструкций, скорость распространения пламени, интенсивность дымообразования и токсичность продуктов горения. В условиях пожара от того, насколько долго строительные элементы сохраняют свою целостность и несущую способность, зависит устойчивость всего здания, что критично не только для сохранения человеческих жизней, но и для минимизации материального ущерба [7]. По моему мнению, особенно важной представляется роль огнезащиты в зданиях с массовым пребыванием людей, в высотных и уникальных сооружениях, а также на объектах с высокой пожарной и взрывной опасностью. В рамках проектирования таких объектов огнезащита рассматривается как неотъемлемый компонент общей концепции пожарной безопасности и учитывается при расчете путей эвакуации, выборе типов инженерных систем, определении категорий помещений по пожарной опасности. Также необходимо учитывать снижение вероятности вторичного разрушения зданий. При длительном термическом воздействии, особенно в случае интенсивного пожара, наблюдается потеря прочностных характеристик у несущих элементов, что может привести к обрушению отдельных конструктивных узлов или всего объекта, а вот огнезащитные мероприятия позволяют замедлить этот процесс.

Анализ данных позволяет сделать вывод, что повышение огнезащиты строительных материалов – важное направление в стратегии пожарной безопасности. Современные технологии обработки и применения строительных материалов позволяют значительно снизить уровень пожарных рисков. Эффективность мероприятий по огнезащите достигается только при соблюдении комплексного подхода, включая нормативное обеспечение, проектные решения и эксплуатационный контроль.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смирнов, С.Н. Противопожарная безопасность / С.Н. Смирнов. – М.: ДиС, 2010. – 144 с.
2. Федоров, В.С. Основы обеспечения пожарной безопасности зданий / В.С. Федоров. – М.: АСВ, 2018. – 176 с..
3. Сальков, О. А. Комментарий к Федеральному закону от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" / О.А. Сальков. – М.: Деловой двор, 2015. – 386 с.
4. Кудрявцев С. Н. Повышение огнестойкости строительных

конструкций // Пожарная безопасность. – 2023. – № 4. – С. 45–50.

5. Андреев А. В. Новые огнезащитные составы для строительной отрасли // Строительная наука и техника. – 2024. – № 2. – С. 62–68.

6. Ермакова Л. В. Пожарная безопасность в строительстве: учебное пособие. – М.: Академия, 2022. – 240 с.

7. Латкин М.А., Степанова М.Н., Васюткина Д.И. Оценивание эффективности мероприятий по компенсации потерь в случае аварии на предприятии // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 5. – С. 130-134.

Стурова В.А., канд. техн. наук, ст. преп.
*Липецкий государственный технический
университет, г. Липецк, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ФОРТИФИКАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ: ОТ КОМПОЗИТОВ ДО ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

Современная фортификация переживает технологическую революцию. На смену монолитным бетонным бункерам прошлого приходят высокотехнологичные материалы и интеллектуальные системы, которые обеспечивают беспрецедентную защиту, мобильность и эффективность. Развитие в этой области диктуется новыми вызовами – от необходимости развертывания в экстремальных климатических условиях до противодействия высокоточному оружию. В статье проанализированы и исследованы ключевые инновации, определяющие облик современных оборонительных сооружений.

1. Композитные материалы и передовые конструкции

Основой современной фортификации стали композитные материалы, которые позволяют создавать конструкции с уникальным соотношением прочности, долговечности и веса [1].

Трехслойные стеклопластиковые оболочки: Примером передового подхода является Фортификационное сооружение из композиционных материалов (ФСМ). Его монолитный корпус изготавливается по автоматизированной намоточной технологии в виде трехслойной оболочки «стеклопластик-полиуретан-стеклопластик». Такая структура обеспечивает высокую механическую прочность и стойкость к воздействиям окружающей среды, при этом сооружение остается достаточно легким для транспортировки любыми средствами, включая волоком по снегу и льду.

Специализированные решения для экстремального климата: для условий Арктики, где основной проблемой является взаимодействие с

вечномерзлыми грунтами, разработаны войсковые фортификационные сооружения со встроенным теплозащитным элементом. Этот элемент выполнен из гидрофобного композитного полимерного материала коробчатого сечения, заполненного теплоизолятором. Он жестко закреплен в основании конструкции, что предотвращает протаивание грунта, повышает термическую защиту и срок непрерывной эксплуатации, исключая необходимость в дополнительной местной теплоизоляции.

Инновационные несущие корпуса из листовых материалов. Перспективным направлением является технология строительства с несущим корпусом из листовых материалов (например, фанеры), собираемых в единую пространственную конструкцию по принципу корпусов судов или самолетов. Такие конструкции характеризуются малой массой, высокой скоростью сборки без специального инструмента, отличной сейсмостойкостью и полным отсутствием мостов холода.

2. Эволюция бетона: «умные» и добавленные технологии

Бетон, классический материал фортификации, кардинально преобразился благодаря цифровым и аддитивным технологиям [5].

Современный сборный железобетон: в модернизированных сооружениях, таких как УФС-9, остов основного помещения собирается из отдельных прямоугольных рамных блоков и панельно-балочных элементов фундамента. Этот модульный подход ускоряет возведение и повышает его стандартизацию.

3D-печать в строительстве: аддитивные технологии, в частности 3D-печать бетоном, переходят из стадии прототипа в реальное строительство. Эта технология позволяет создавать сложные геометрические формы, которые невозможно получить традиционными методами, минимизирует отходы и значительно сокращает сроки возведения объектов.

«Умный» бетон с датчиками: набирает популярность концепция «умного» предварительно изготовленного бетона, в который внедряются датчики и технологии Интернета вещей (IoT). Эти датчики позволяют вести мониторинг структурной целостности, температуры, влажности и других критических параметров в режиме реального времени, обеспечивая прогнозирующее техническое обслуживание и повышая безопасность и долговечность сооружения.

3. Цифровизация и роботизация строительства

Управление жизненным циклом фортификационных сооружений все чаще базируется на цифровых технологиях [4].

Технология цифровых двойников. Digital Twin (Цифровой двойник) создает виртуальную копию физического объекта или процесса производства. Это позволяет моделировать поведение сооружения под различными воздействиями, оптимизировать производственные процессы, выявлять неэффективность и тестировать конструктивные изменения до их реализации в реальности.

Роботизация и автономная техника. В строительстве активно внедряются роботы для кладки кирпича, автономные системы для земляных работ и сварки, а также дроны. Беспилотники используются для аэрофотосъемки, 3D-сканирования местности, мониторинга строительства и даже транспортировки материалов в труднодоступные зоны. Это повышает точность, безопасность и скорость выполнения задач.

Информационное моделирование зданий (BIM/DIM): BIM эволюционирует в Управление цифровой информацией (DIM), охватывая весь жизненный цикл объекта – от проектирования и строительства до эксплуатации. DIM интегрирует данные IoT, средства облачных вычислений и инструменты аналитики, позволяя оптимально распределять ресурсы, предотвращать задержки и улучшать совместную работу всех участников проекта. Сравнение традиционных и современных фортификационных материалов, и подходов приведено в табл. 1.

Таблица 1

**Сравнение традиционных и современных
фортификационных материалов и подходов**

Критерий	Традиционные решения	Современные технологии
Основные материалы	Железобетон, сталь, древесина	Композитные трехслойные структуры, полимеры, модифицированный бетон
Ключевые свойства	Массивность, высокая материалоемкость	Высокая удельная прочность, мобильность, термическая стабильность
Процесс возведения	Длительный, трудоемкий, требует тяжелой техники	Быстрый, модульный, с использованием автоматизации и 3D-печати
Эксплуатационный мониторинг	Визуальный осмотр, выборочный контроль	Непрерывный мониторинг в реальном времени с помощью датчиков и цифровых двойников
Адаптивность	Низкая, статичные конструкции	Высокая, возможность оперативного изменения конфигурации и свойств

4. Новейшие исследования и перспективные разработки

Научный поиск в области фортификационных материалов продолжается на стыке различных дисциплин.

Укрепление древесины на клеточном уровне. Исследователи экспериментируют с методами усиления природных материалов. Один из перспективных подходов – минеральное укрепление древесины путем инфильтрации ферригидрита (минерала железа) непосредственно в клеточные стенки древесины. Лабораторные испытания показали увеличение жесткости клеточной стенки на 260 % и твердости на 127 %, что открывает путь к созданию высокопрочных и экологических строительных материалов в будущем.

Использование современных технологий для изучения и сохранения: для документирования, изучения и сохранения исторических памятников фортификации применяются передовые методы: спутниковое GPS-оборудование для точной топографической съемки, магнитометрия для археологических исследований и др. Этот междисциплинарный подход позволяет с высокой точностью определять конфигурацию и сохранность древних оборонительных сооружений.

Современные технологии коренным образом изменили подход к созданию фортификационных материалов и сооружений. Акцент сместился с простого наращивания массы в сторону интеллектуального проектирования, использования многофункциональных композитов и глубокой цифровизации всего жизненного цикла. Мобильность, энергоэффективность, адаптивность и интеграция систем мониторинга становятся не менее важными параметрами, чем классическая стойкость к поражению. Дальнейшее развитие будет связано с наноматериалами, бионикой и искусственным интеллектом, что позволит создавать фортификации, способные самостоятельно оценивать ущерб и адаптироваться к меняющимся угрозам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондарев, Б.А. Фибробетон: свойства, поведение при растяжении / Бондарев Б.А., Стурова В.А., Ливенцева А.А.// В сборнике: Современные проблемы материаловедения. Сборник научных трудов II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 65-летию ЛГТУ. Липецк, 2021. С. 284-287.
2. Гончарова, М.А. Способ подбора оптимального состава мелкозернистого сталефиброшлакопемзобетона / Гончарова М.А., Черноусов Н.Н., Стурова В.А., Ливенцева А.А. // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2021. № 11 (755). С. 64-72.
3. Кустов, А.С. Современные строительные материалы и технологии, развитие нанотехнологий в производстве строительных материалов // В сборнике: МОЛОДЕЖНАЯ НАУКА 2021: ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ. материалы Всероссийской научно-практической

конференции молодых ученых, аспирантов и обучающихся, посвященной Году науки и технологий в Российской Федерации. Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова. 2021. С. 177-180.

4. Ливенцева, А.А. Внедрение автоматизированного комплекса для планирования и мониторинга проектов строительства/ Ливенцева А.А., Стурова В.А. // В сборнике: Строительство. Архитектура. Дизайн. Материалы Пятой Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Курск, 2024. С. 116-119.

5. Стурова, В.А. Модифицированная бетонная смесь для строительного 3D-Принтера: патент на изобретение / Стурова В.А., Гончарова М.А., Дергунова Е.С., Агамов Р.Э., Гончарова В.А., Дергунова В.В. // Патент на изобретение RU 2838048 C1, 08.04.2025. Заявка № 2024101632 от 23.01.2024.

6. Халилова, Ф.С. Использование современных информационных технологий в строительной отрасли // В сборнике: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ЭКОНОМИКИ И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА. труды XVIII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. Симферополь, 2021. С. 331-333.

Целуйко М.А., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук., доц.

Никулин А.И.

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ПЕНОСТЕКЛА, ПРИМЕНЯЕМОГО В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

Пеностекло – это современный теплоизоляционный материал, который находит все большее применение в строительстве благодаря своим уникальным свойствам (рис. 1). В данной статье рассматриваются достоинства и недостатки пеностекла как теплоизоляционного материала, а также его влияние на энергоэффективность зданий и сооружений [1, 2].

Теплоизоляция играет ключевую роль в обеспечении комфорта и энергоэффективности зданий [2]. В последние десятилетия наблюдается рост интереса к новым материалам, которые могут улучшить теплоизоляционные характеристики конструкций. Пеностекло, представляющее собой легкий пористый материал, получаемый из стеклянных отходов, становится все более популярным выбором среди архитекторов и строителей.

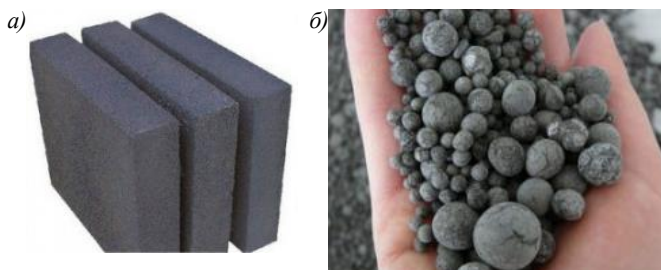


Рис. 1. Разновидности пеностекла, применяемые в строительстве:
 а – блоки из пеностекла заданных размеров; б – гранулированное пеностекло

Достоинства пеностекла [5]

1. Высокие теплоизоляционные свойства. Пеностекло обладает низкой теплопроводностью ($0,04-0,06 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$), что делает его эффективным теплоизолятором. Это позволяет значительно снизить теплотери и затраты на кондиционирование воздуха в помещениях зданий с длительным или постоянным пребыванием людей, что особенно актуально в условиях холодного климата, где экономия на отоплении может быть значительной.

2. Устойчивость к влаге. Пеностекло не впитывает влагу, что предотвращает образование плесени и грибка. Это свойство делает его пригодным для использования в помещениях с высокой влажностью, таких как ванные комнаты, кухни и подземные автостоянки.

3. Долговечность и устойчивость к воздействию химических веществ. Пеностекло отличается высокой стойкостью к воздействию различных химических веществ и не подвержено гниению или коррозии. Это делает его пригодным для использования в агрессивных средах, таких как промышленные объекты или здания, расположенные вблизи морского побережья. Срок службы пеностекла может достигать 50 лет и более при правильной эксплуатации.

4. Экологичность [3]. Производство пеностекла осуществляется из переработанных стеклянных отходов, что делает его экологически чистым материалом. Использование пеностекла способствует снижению объема стеклянных отходов на свалках и уменьшению негативного воздействия на окружающую среду. Кроме того, сам материал не выделяет вредных веществ в процессе эксплуатации.

5. Огнестойкость. Пеностекло является негорючим материалом, что повышает уровень безопасности зданий при возникновении пожара. Оно не поддерживает горение и не выделяет токсичных газов, что делает его предпочтительным выбором для объектов с высокими требованиями к пожарной безопасности.

6. Легкость и простота транспортировки. Пеностекло имеет низкую плотность, что облегчает его транспортировку и установку. Это может снизить затраты на логистику и ускорить процесс монтажа.

Достоинства и форма изделий из пеностекла, выпускаемых отечественной промышленностью, позволяет получать разнообразные варианты конструктивных решений ограждающих конструкций стен, обладающих простотой и технологичностью.

Пеностекло активно используется для теплоизоляции наружных стен (рис. 2), чердачных перекрытий и полов над неотапливаемыми подвалами [1, 5]. Наряду с этим пеностекло также обладает высокими звукоизоляционными характеристиками [6].

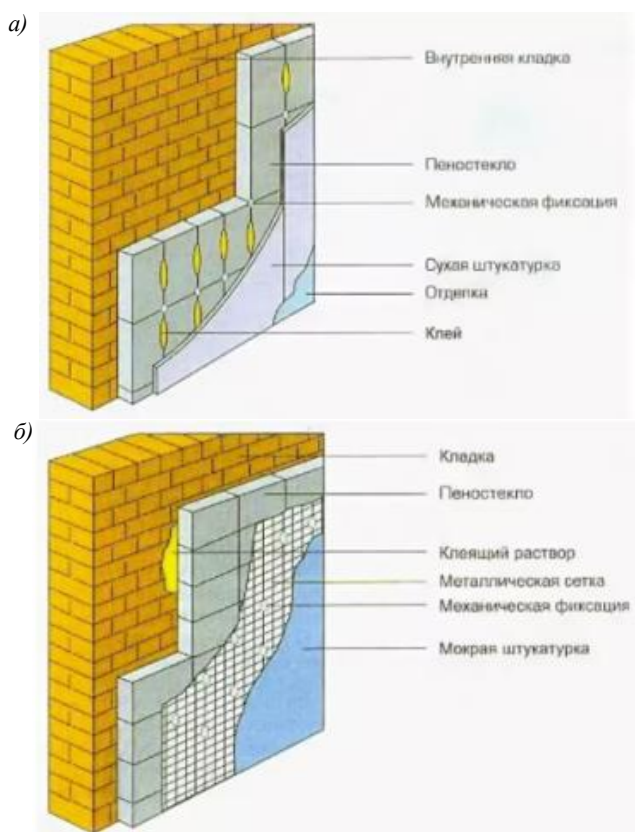


Рис. 2. Варианты конструктивно-технологических решений утепления наружных стен зданий с постоянным пребыванием людей: *а* – утепление наружной стены здания блоками из пеностекла со стороны помещения; *б* – то же, с внешней стороны наружной стены здания

Недостатки пеностекла

1. Высокая стоимость. Одним из основных недостатков пеностекла является его высокая цена по сравнению с традиционными теплоизоляционными материалами, такими как минеральная вата или пенополистирол. Это может ограничивать его применение в массовом строительстве, особенно в проектах с ограниченным бюджетом. Однако стоит отметить, что высокая эффективность пеностекла может компенсировать начальные затраты за счет снижения расходов на отопление.

2. Хрупкость. Пеностекло имеет хрупкую структуру, что делает его уязвимым к механическим повреждениям при транспортировке и установке. Это требует осторожного обращения с материалом и может потребовать дополнительных затрат на защиту во время транспортировки.

3. Ограниченные размеры и формы. Пеностекло обычно производится в виде плит определенных размеров и форм, что может ограничивать его применение в сложных архитектурных решениях. Для некоторых объектов может потребоваться дополнительная обработка материала или использование специальных крепежных систем.

4. Сложности с монтажом. Монтаж изделий из пеностекла требует специальных навыков и знаний. Неправильный монтаж может привести к снижению теплоизоляционных свойств и образованию мостиков холода. Это может увеличить затраты на строительство, так как потребуется привлечение квалифицированных специалистов.

5. Ограниченная доступность. В некоторых регионах пеностекло может быть менее доступным по сравнению с традиционными теплоизоляционными материалами. Это может усложнить процесс закупки и увеличить сроки строительства.

В заключение можно отметить, что пеностекло представляет собой перспективный теплоизоляционный материал с рядом значительных достоинств: высокая эффективность, устойчивость к влаге, долговечность, экологичность и огнестойкость делают его привлекательным выбором для современных строителей [5]. Однако высокая стоимость, хрупкость и сложности с монтажом могут ограничивать его применение в некоторых случаях. При выборе теплоизоляционного материала важно учитывать все эти факторы для достижения оптимального баланса между стоимостью, качеством и долговечностью. В условиях растущих требований к энергоэффективности зданий и устойчивому строительству использование пеностекла может стать важным шагом к созданию более комфортной и безопасной городской среды. Будущие исследования могут сосредоточиться на разработке новых технологий производства пеностекла и методов его монтажа для повышения доступности и снижения затрат на этот материал.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисицын, А. В. Теплоизоляционные материалы: современное состояние и перспективы развития / А. В. Лисицын, Е. Н. Петрова // Строительные материалы. – 2020. – №12. – С. 45-52.
2. Смирнов, И. А. Энергоэффективность современных зданий: роль теплоизоляции / И.А. Смирнов, А.В. Кузнецов // Архитектура и строительство. – 2019. – №8. – С. 22-30.
3. Зайцев, Н. С. Экологические аспекты использования строительных материалов / Н. С. Зайцев, Т. И. Фролова // Экология и строительство. – 2021. – №15. – С. 5-12.
4. Тихонов, В. И. Инновационные материалы в строительстве: от теории к практике / В. И. Тихонов, А. Ю. Романова // Журнал строительных технологий. – 2022. – №10. – С. 78-85.
5. Ковалев, Д. С. Перспективы применения пеностекла в строительстве: анализ рынка и технологий / Д.С. Ковалев, И.П. Сидоренко // Строительная экономика. – 2023. – №9. – С. 34-41.
6. Окунева, Г. А. Исследование звукоизолирующих свойств строительных материалов и конструкций на основе пеностекла / Г.А. Окунева, В.Ю. Радоуцкий, В.Г. Шаптала // Вестник Белгородского государственного технологического университета им В.Г. Шухова. – 2008. – №4. – С. 45-48.

**Шаталов Е.А., магистрант,
Чернецкий С.В., магистрант**

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Шаталова С.В.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В настоящее время одной из национальных целей развития Российской Федерации является экологическое благополучие граждан, основные идеи которого изложены в национальном проекте «Экологическое благополучие». В рамках этого проекта предусматривается формирование экономики замкнутого цикла, что подразумевает под собой обеспечение к 2030 г. сортировку 100 % объема ежегодно образуемых твердых коммунальных отходов, захоронение не более чем 50 % таких отходов и вовлечение в

хозяйственный оборот не менее чем 25 % отходов производства и потребления в качестве вторичных ресурсов и сырья [1]. В этой связи весьма актуальным является изучение вопроса образования, утилизации и вторичного использования технологических отходов, образующихся на деревообрабатывающих предприятиях.

Россия является страной, в которой сосредоточено большое количество древесных ресурсов. На каждой стадии заготовления и обработки древесины образуются различные по своим физико-химическим, размерно-качественным характеристикам отходы. По данным [2], из 92 млн м³ заготовленного низкокачественного сырья (балансы и дрова) остается в лесу 49 млн м³, а из 67 млн м³ (пиловочник и фанерный кряж) в лесопильном и фанерном производстве образуется 14 млн м³ ликвидных отходов, что в итоге суммарно составляет 46 % от объема заготовленной древесины.

Все отходы лесной промышленности можно разделить на три группы (рис. 1). К основным отходам деревообработки относятся: горбыли, рейки, торцы, щепа технологическая, опилки, стружка, древесная пыль, что вместе составляет 39% первоначально заготовленной древесины согласно [3].

В связи с этим необходимость в ведении более рациональной заготовки и переработки древесины лежит на поверхности и не вызывает сомнения.

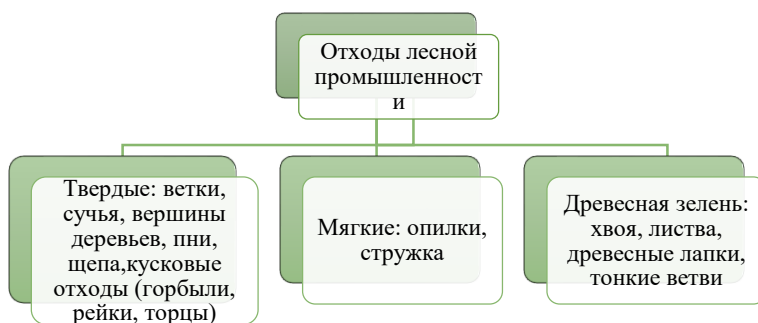


Рис. 1. Классификация отходов лесной промышленности

В настоящее время основными направлениями использования древесных отходов являются:

- производство технологической щепы для производства древесных плит и целлюлозно-бумажной промышленности;
- лесохимическое и гидролизное производство;
- производство строительных материалов;

- производство тары;
- изготовление изделий народного и производственного потребления;
- производство биотоплива [4].

С нашей точки зрения, одним из интересных и перспективных является использование древесных отходов при производстве различных строительных материалов.

Согласно проведенному анализу литературных источников, на данный момент, имеется богатый опыт в области исследований, посвященных использованию древесных отходов в качестве наполнителя для бетона, что позволяет снизить его стоимость и улучшить некоторые характеристики, например, теплоизоляционные свойства [5-7].

Кроме того, древесные отходы используются при производстве древесно-стружечных плит (ДСП) и древесноволокнистых плит (ДВП), которые широко применяются в строительстве и мебельной промышленности [8-10].

Другим перспективным направлением является использование отходов деревообработки для производства композитных материалов, таких как древесно-полимерные композиты (ДПК). Эти материалы сочетают в себе преимущества дерева и полимеров, обладая высокой прочностью, устойчивостью к влаге и гниению. Они могут использоваться для изготовления террасных досок, ограждений, сайдинга и других строительных элементов [11, 12].

В работе [13] освещена возможность использования древесной золы, образующейся при сжигании древесных отходов, в качестве добавки в бетон, позволяющей заменить часть цемента. Зола может улучшить некоторые свойства цементного раствора, повысить его прочность и устойчивость к агрессивным средам.

Развитие технологий переработки древесных отходов также способствует созданию новых видов теплоизоляционных материалов. В работе [14] представлен обзор возможностей получения теплоизоляционных материалов на органической основе, в том числе и на отходах деревообработки. Эффективные и экологически безопасные утеплители, обладают хорошими звукоизоляционными свойствами. Использование таких материалов позволяет снизить затраты на отопление зданий и уменьшить потребление энергии.

Таким образом, использование отходов деревообработки в производстве строительных материалов позволяет снизить экологическую нагрузку на окружающую среду и способствует развитию экономики замкнутого цикла. В связи с этим дальнейшие

исследования в этой области необходимы для расширения ассортимента строительных материалов, а также повышения эффективности и улучшения эксплуатационных характеристик уже существующих.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Национальный проект «Экологическое благополучие» / [Электронный ресурс] // Национальные проекты. рф: [сайт]. – URL: <https://национальныепроекты.рф/new-projects/ekologicheskoe-blagopoluchie/?ysclid=mh3kd7dwwn625934911> (дата обращения: 20.10.2025).

2. Липский В.А. Лесопромышленный комплекс России. Итоги 2024. Прогноз 2025. / Липский В.А. [Электронный ресурс] //: [сайт]. – URL: <https://st.alettech.ru/files/fd7f2dfd90fbef8d6eb7dce978952251.pdf> (дата обращения: 20.10.2025).

3. Давыденко, А. Н. Анализ процесса образования древесных отходов на стадиях лесозаготовки и деревообработки / А. Н. Давыденко, Е. В. Булаев // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Красноярск, 17 мая 2018 года. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2018. – С. 140-142. – EDN ZDIRRB.

4. Колесникова, А. В. Анализ образования и использования древесных отходов на предприятиях лесопромышленного комплекса России / А. В. Колесникова // Актуальные вопросы экономических наук. – 2013. – № 33. – С. 116-120.

5. Бетоны на основе отходов деревообработки и композиционных вяжущих / О. В. Казлитина, Д. М. Сопин, Г. Г. Богусевич [и др.] // Современные технологии деревообрабатывающей промышленности: Материалы международной научно-практической онлайн-конференции, Белгород, 15–16 февраля 2018 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. – С. 215-222.

6. Толстой, А. Д. Древобетон на основе техногенного сырья / А. Д. Толстой, А. С. Коломацкий, С. И. Овсянников // Современные технологии деревообрабатывающей промышленности: Материалы международной научно-практической онлайн-конференции, Белгород, 15–16 февраля 2018 года. – Белгород: Белгородский государственный

технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. – С. 296-301.

7. Есельбаева, А. Г. Энергоэффективный арболит для малоэтажного строительства / А. Г. Есельбаева, А. С. Кинжигареева // Парадигма. – 2021. – № 4. – С. 26-29.

8. Смертин, Н. В. Перспектива утилизации отходов деревообработки при создании плитных материалов / Н. В. Смертин // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (с международным участием), Красноярск, 20–21 апреля 2023 года. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2023. – С. 385-387.

9. Уразбахтина, Е. Д. Оптимизация технологического процесса производства древесно-стружечной плиты / Е. Д. Уразбахтина, Р. А. Сахаутдинов // Современные исследования и инновации в науке и образовании: Сборник научных трудов по материалам II Международной научно-практической конференции, Москва, 12 февраля 2025 года. – Москва: ИП Туголуков А.В., 2025. – С. 141-143.

10. Малофеев, В. В. Оптимизация технологического процесса производства древесно-стружечных плит с целью снижения расхода связующего / В. В. Малофеев, А. А. Лукаш, А. Феллух // Инновации в строительстве: материалы международной научно-практической конференции, Брянск, 03–06 апреля 2024 года. – Брянск: Брянский государственный инженерно-технологический университет, 2024. – С. 86-89.

11. Wood-polymer composites based on polyvinyl chloride reinforced with chrysotile asbestos / A. G. Khantimirov, L. A. Abdrakhmanova, A. M. Islamov [et al.] // Journal of Advanced Materials and Technologies. – 2025. – Vol. 10, No. 1. – P. 49-56. – DOI 10.17277/jamt-2025-10-01-049-056.

12. Мочалов, Д. В. Древесно-полимерные композиты на основе полиуретановых систем / Д. В. Мочалов // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. – 2024. – № 1. – С. 200-202.

13. Свинарев, В. С. Частичная замена портландцемента древесной золой в бетонной смеси / В. С. Свинарев, Д. А. Храмов, А. С. Муравьев // Перспективы науки. – 2019. – № 6(117). – С. 88-90.

14. Колосова, А. С. Современные эффективные теплоизоляционные материалы на органической основе / А. С. Колосова, Е. С. Пикалов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2021. – № 4. – С. 74-85.

¹Янь Хунюе, магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

²Погорелова И.А.

¹Хулунбуирский университет, г. Хулунбуир, Китай

²Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Прочность бетона является ключевым показателем, определяющим несущую способность и долговечность железобетонных конструкций. Традиционный метод контроля – испытание образцов-кубов или кернов на прессе – является разрушающим, точечным и не всегда отражает реальную прочность конструкции в целом. Это стимулирует развитие косвенных методов оценки, основанных на корреляционных зависимостях между прочностью и другими, легко измеримыми параметрами [1-3].

Однако зависимость, например, между скоростью ультразвука (СУЗ) и прочностью, не является однозначной и универсальной. На нее влияют десятки факторов: состав и возраст бетона, тип цемента, влажность, наличие армирования, температура твердения. Классические градуировочные зависимости, заложенные в нормативных документах (ГОСТ 22690, ГОСТ 18105), имеют значительную погрешность при переходе на новые материалы или технологии.

Выходом является применение гибких и самообучающихся математических моделей, способных учитывать множество входных параметров и уточнять прогноз по мере накопления данных. Цель данной статьи – систематизировать основные классы математических моделей для определения прочности бетона, оценить их возможности и перспективы.

Наиболее распространенный подход – построение эмпирических зависимостей методами регрессионного анализа.

Исходная модель линейной и нелинейной регрессии часто имеет вид степенного уравнения:

$$R_b = \alpha \cdot V^b$$

где R_b – прочность бетона, V – скорость ультразвука, α , b – эмпирические коэффициенты. Для учета большего числа факторов используются множественные регрессии:

$$R_b = k_0 + k_1 \cdot V + k_2 \cdot W/C + k_3 \cdot \ln(t)$$

где W/C – водоцементное отношение, t – возраст бетона, k_i – коэффициенты [4].

Недостатки: модели требуют большого объема однородных данных для каждого конкретного случая (завода, состава), плохо экстраполируются за пределы обучающей выборки.

Более физически обоснованные модели используют уравнение степени зрелости бетона, связывающее прочность с температурно-временной историей твердения:

$$M(t) = \int_0^t (T_{(\tau)} - T_0) d\tau$$

где $T_{(\tau)}$ – температура бетона во времени, T_0 – базовая температура.

Зависимость $R_b = f(M)$ часто описывается логарифмической или экспоненциальной функцией. Такие модели эффективны для прогнозирования прочности в раннем возрасте при термосном выдерживании или пропаривании.

Искусственные нейронные сети (ИНС) представляют собой мощный инструмент для выявления сложных нелинейных взаимосвязей в данных без априорного задания вида функции.

Для задачи прогнозирования прочности чаще всего используются многослойные персептроны (MLP) с одним или двумя скрытыми слоями. Входными параметрами могут выступать:

- косвенные неразрушающие показатели (прочность отскока, время затухания ударного импульса);
- параметры состава (расход цемента, В/Ц, содержание добавок);
- условия твердения (возраст, температура, влажность).

Выходным нейроном является расчетная прочность [5]. Обучение сети (подбор весов синапсов) происходит на большом массиве экспериментальных данных методом обратного распространения ошибки.

Преимущества: высокая точность при достаточном объеме обучающих данных, способность обобщать и работать с зашумленными данными, универсальность.

Проблемы: «Черный ящик» – сложность интерпретации внутренних взаимосвязей, риск переобучения, необходимость в большой и качественной размеченной выборке для обучения.

Помимо ИНС, в последние годы активно исследуются другие алгоритмы машинного обучения (МО).

Деревья решений и ансамбли (Random Forest, Gradient Boosting) строят иерархические правила для предсказания значения. Они хорошо

справляются с нелинейностями, менее склонны к переобучению, чем ИНС, и позволяют оценивать важность каждого входного признака (например, насколько критично В/Ц по сравнению с возрастом). Random Forest показал высокую эффективность в задачах прогнозирования свойств бетона [6].

Метод опорных векторов (SVM) эффективен в случаях, когда зависимость может быть разделена гиперплоскостью в многомерном пространстве признаков. Показывает хорошие результаты при небольшом объеме данных.

Сравнение точности моделей, проведенное рядом авторов, показывает, что современные методы МО (ИНС, Random Forest) в среднем на 15-25% точнее классических регрессионных моделей при прогнозировании прочности по комплексным данным [7].

Ключевым условием успеха является формирование цифрового двойника бетонной смеси – базы данных, накопленной для конкретного производства, включающей:

1. Рецептуру и паспорта на материалы.
2. Параметры технологии приготовления и укладки.
3. Данные мониторинга температуры твердения.
4. Результаты параллельных испытаний: неразрушающего контроля и разрушающего (образцов-кубов или кернов).

На основе этой базы создается, обучается и постоянно дообучается адаптивная математическая модель, которая интегрируется в систему контроля качества предприятия или строительной лаборатории.

Применение математических моделей переводит процесс определения прочности бетона из плоскости использования жестких нормативных зависимостей в область адаптивного анализа больших данных. Классические регрессионные модели сохраняют свою практическую ценность для локальных задач, в то время как методы машинного обучения и нейронные сети открывают путь к созданию высокоточных прогнозных систем.

Наиболее перспективным является гибридный подход, сочетающий физически обоснованные модели (например, степени зрелости) с возможностями самообучения алгоритмов МО. Это позволяет не только точно прогнозировать прочность, но и выявлять скрытые закономерности влияния технологических факторов, что ведет к оптимизации составов бетона и повышению надежности строительных конструкций в целом.

Таким образом, математическое моделирование становится не просто инструментом замера, а основой для интеллектуального

управления технологиями бетонных работ на всех этапах жизненного цикла конструкции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А. Компьютерное моделирование строительных композиционных материалов. Методические указания к выполнению практических работ для студентов, обучающихся по магистерской программе по направлению 08.04.01 – Строительство. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 40 с.

2. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А. Компьютерное моделирование технолого-экономических задач: учеб. пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. 183 с.

3. Вальт А.Б., Коваль С.Б., Бакин А.Ю. К вопросу о контроле прочности бетона // Совершенствование управления в условиях становления рыночных отношений. Тематический сборник научных трудов. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1997. 86 с.

4. Калашников В.И. Модифицированные высокофункциональные бетоны. Законопрочность. – М.: Изд-во АСВ, 2020. 320 с.

5. Щеголев В.А., Комарова В.С. Прогнозирование свойств бетона с использованием искусственных нейронных сетей в строительном материаловедении // Строительные материалы. 2021. № 8. С. 110-116.

6. Chou J.-S., Tsai C.-F., Pham A.-D., Lu Y.-H. Machine learning in concrete strength simulations: Multi-nation data analytics // Construction and Building Materials. 2014. Vol. 73. P. 771-780.

7. Akinosho T.D., Oyedele L.O., Bilal M., et al. Deep learning in the construction industry: A review of present status and future innovations // Journal of Building Engineering. 2020. Vol. 32. 101827.

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

**Аноприенко Д.С., аспирант,
Рябчевский И.С., канд. техн. наук, ст. преп.**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДАПТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

В современном строительстве вопросы управления жизненным циклом объектов капитального строительства приобретают стратегическое значение. Необходимость эффективного контроля, оптимизации затрат и минимизации рисков в течение всего срока эксплуатации требует внедрения инновационных подходов к мониторингу и прогнозированию состояния сооружений. Адаптивные модели анализа и прогноза технического состояния на базе искусственного интеллекта и big data становятся главной движущей силой повышения надежности и устойчивости объектов. В данной статье представлен системный обзор современных методов управления жизненным циклом с акцентом на технологических трендах и возможностях адаптивного прогнозирования технического состояния. В работе рассматриваются ключевые технологии: Building Information Modeling (BIM), цифровые двойники, системы интернета вещей (IoT) и адаптивные модели машинного обучения для прогнозирования технического состояния [1-12]. На примерах успешно реализованных проектов демонстрируются преимущества интеграции этих решений, показываются пути трансформации от реактивного обслуживания к интеллектуальному, проактивному управлению. Приводятся сравнительные характеристики традиционных и адаптивных методов, раскрывается роль цифровизации в повышении надежности и экономической эффективности объектов.

В современных условиях постоянного роста сложности строительных объектов и инженерных систем эффективное управление их жизненным циклом становится стратегической необходимостью. Сооружения капитального назначения служат десятилетиями, в течение

которых они претерпевают множество изменений: физический износ конструкций, деградация материалов, накопление дефектов, выход из строя оборудования. Традиционный реактивный подход, когда ремонты и замены осуществляются после возникновения аварийных ситуаций, приводит к значительным потерям: неожиданные простои, снижение безопасности, непредсказуемые финансовые издержки. Цель современного управления жизненным циклом – минимизировать риски, оптимизировать затраты и обеспечить надежную эксплуатацию. Решение этой задачи невозможно без внедрения цифровых технологий. Building Information Modeling (BIM) позволяет создавать единую информационную модель объекта, в которой интегрируются архитектурные, конструктивные, инженерные и эксплуатационные данные. Цифровые двойники дополняют BIM, добавляя в реальном времени информацию от сенсорных систем и систем мониторинга. Интернет вещей (IoT) обеспечивает сбор и передачу параметров о состоянии объекта, а адаптивные модели на основе искусственного интеллекта и машинного обучения анализируют эти данные и выдают прогнозы отказов, оптимальные сроки обслуживания и рекомендации по управлению ресурсами [13–15].

Адаптивные модели прогнозирования – это интеллектуальные алгоритмы, способные изменять свою структуру и параметры в зависимости от поступающих данных. В контексте управления жизненным циклом объектов строительства они выполняют несколько ключевых функций:

- прогнозирование технического состояния: модели анализируют исторические и текущие данные о работе оборудования, конструкций, и выдают прогноз остаточного ресурса, вероятность отказа.

- оптимизация расписания обслуживания: вместо календарного графика сервиса система определяет оптимальный момент для профилактики на основе накопленного износа.

- анализ аномалий: алгоритмы выявляют необычные или опасные режимы работы, которые могут привести к ускоренной деградации.

- рекомендации по управлению ресурсами: модели подсказывают, как оптимизировать потребление энергии, воды, повысить комфортность и безопасность.

- типовые архитектуры адаптивных моделей включают:

- нейронные сети: многоуровневые сети, способные обучаться на сложных паттернах в данных; особенно эффективны для обработки временных рядов и выявления нелинейных зависимостей.

- методы машинного обучения: случайные леса, градиентный бустинг, метод опорных векторов; хороши для классификации

состояний и факторного анализа.

- гибридные подходы: комбинации нескольких моделей, каждая специализирована на своем аспекте проблемы; обеспечивают наиболее надежные прогнозы.

- временные ряды и авторегрессионные модели: анализируют динамику параметров, учитывают сезонность, тренды.

Ключевое отличие адаптивных систем – способность к непрерывному обучению. На начальном этапе модель тренируется на исторических данных, накопленных за годы эксплуатации сходных объектов. Затем, по мере поступления новой информации о конкретном объекте, система уточняет свои параметры, адаптируется к его индивидуальным особенностям. Если качество прогнозов падает, система автоматически перестраивается, добавляет новые признаки, корректирует веса параметров. Процесс адаптации проходит в несколько этапов:

1. Сбор и предварительная обработка данных – очистка от шумов, нормализация, преобразование разнотипных источников в единый формат.

2. Разведочный анализ – выявление закономерностей, корреляций, выбросов, определение ключевых факторов, влияющих на состояние.

3. Выбор и конфигурация модели – на основе характеристик данных и целей прогноза выбирается оптимальная архитектура.

4. Обучение – модель обучается на размеченных исторических данных, где известны как параметры окружающей среды, так и итоговые исходы (отказы, успешное функционирование).

5. Тестирование и валидация – проверка на независимых наборах данных, оценка точности, полноты, надежности.

6. Развертывание и мониторинг – модель начинает работать в реальной среде, непрерывно отслеживается ее производительность.

7. Переобучение и обновление – периодически (раз в месяц, квартал или год) модель переобучается на накопленных данных, чтобы оставаться актуальной и точной.

Сравнивая традиционные и адаптивные методы прогнозирования, можно выделить ряд преимуществ последних (табл.). Традиционные методы [16, 17], чаще всего основанные на статистических и экспертных оценках, хорошо работают в условиях стабильной эксплуатации, но недостаточно эффективны при изменяющихся параметрах среды. Адаптивные модели обладают способностью к самообучению, динамической корректировке прогнозов, лучше справляются с обработкой больших и разнотипных данных. Однако внедрение таких систем требует развития инфраструктуры сбора, хранения и обработки информации, интеграции со смежными цифровыми платформами (ВІМ, цифровые двойники), стандартизации

данных и подготовки специалистов. Для успешного применения адаптивных моделей необходимо организационное и технологическое сопровождение, развитие междисциплинарных компетенций.

Таблица

Сравнительная характеристика традиционных и адаптивных моделей

Параметр	Традиционные методы	Адаптивные модели
Точность прогнозов	60–70 %	85–95 %
Скорость реакции	Реактивная (после отказа)	Проактивная (за недели до отказа)
Требования к данным	Минимальные	Значительные (big data)
Способность к самообучению	Отсутствует	Присутствует
Стоимость внедрения	Низкая	Высокая
Сложность эксплуатации	Простая	Средняя/высокая
Гибкость под новые условия	Низкая	Высокая
Объем информации для анализа	Ограниченный	Неограниченный

В ближайшие годы ожидается дальнейшее развитие технологий искусственного интеллекта, автоматического мониторинга и интеграции цифровых решений в жизненный цикл объектов капитального строительства [18-22]. Перспективными направлениями являются развитие цифровых платформ с автоматизированным прогнозированием, использование нейронных сетей для анализа сложных данных, интеграция BIM с IoT-системами для бесперебойного обмена информацией. Развитие науки направлено на создание самообучающихся систем, способных давать рекомендации по оптимальному управлению и профилактике технических рисков без участия человека. Это позволит снизить издержки, повысить уровень экобезопасности и технологической надежности зданий и сооружений.

Адаптивные модели прогнозирования являются перспективным инструментом управления жизненным циклом капитальных объектов, способным существенно повысить уровень технической и экономической эффективности эксплуатации. Современные исследования и наработки показывают, что интеграция цифровых решений, технологий искусственного интеллекта, автоматизированного мониторинга создает основу для перехода к новому уровню управления – управлению, основанному на данных. Уже сегодня внедрение адаптивных моделей позволяет заблаговременно выявлять угрозы, актуализировать ресурсные планы и строить эффективную стратегию поддержки жизненного цикла объектов капитального строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова, Л. А., Обайди, А. А. Х. Управление жизненным циклом здания на этапе эксплуатации с использованием моделей искусственных нейронных сетей и машинного обучения // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2024. – № 3. – С. 38–45.
2. Сулейманова, Л. А. Реализация алгоритмов машинного обучения в Statistica Neural Networks для прогнозирования прочности железобетонных элементов / Л. А. Сулейманова, П. А. Амелин, Е. В. Овчинников // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. IX Международной научно-практической конференции. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 168-172.
3. Использование компьютерного зрения на основе сверточных нейронных сетей при оптимизации строительных процессов / Л. А. Сулейманова, И. С. Рябчевский, А. М. Левшин, Е. В. Овчинников // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. IX Международной научно-практической конференции. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 173-178.
4. Сулейманова, Л. А. Анализ методов прогнозирования энергопотребления при управлении жизненным циклом объектов капитального строительства / Л. А. Сулейманова, А. А. Х. Обайди // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня образования БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2024. – С. 229-235.
5. Римшин, В. И. Нейросетевое прогнозирование несущей способности железобетонных элементов на различных стадиях жизненного цикла / В. И. Римшин, П. А. Амелин, Л. А. Сулейманова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 11. – С. 42-55.
6. Оптимизация энергосбережения при управлении жизненным циклом объектов строительства на этапе проектирования / Л. А. Сулейманова, А. А. Х. Обайди, О. Н. Шарапов, А. Ю. Черенков // Вестник евразийской науки. – 2024. – Т. 16, № 5.
7. Сулейманова, Л. А. Системы облачного хранения данных для управления жизненным циклом объектов строительства / Л. А. Сулейманова, И. С. Рябчевский // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова. Том 1. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 240-245.
8. Черенков, А. Ю. Обследование технического состояния строительных конструкций на протяжении жизненного цикла здания / А. Ю. Черенков, Л. А. Сулейманова // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова. Том 1. – Белгород:

БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 250-255.

9. Сулейманова, Л. А. Управление данными BIM-модели при оценке устойчивости жизненного цикла зданий / Л. А. Сулейманова, И. С. Рябчевский // Университетская наука. – 2023. – № 1(15). – С. 117-119.

10. Сулейманова, Л. А. Прогнозирование энергопотребления здания на основе нейронных сетей / Л. А. Сулейманова, А. А. Х. Обайди // Университетская наука. – 2023. – № 2(16). – С. 65-67.

11. Сулейманова, Л. А. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами / Л. А. Сулейманова, П. В. Сапожников, А. Н. Кривчиков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2022. – № 4. – С. 12-24.

12. ГОСТ Р ИСО 19650-1-2020. Организация и оцифровка информации о зданиях и сооружениях, включая информационное моделирование зданий (BIM). Информационный менеджмент с использованием технологии информационного моделирования зданий. Часть 1. Концепции и принципы / Межгосударственная система по стандартизации, метрологии и сертификации (МГСС). – Москва: Стандартинформ, 2020. – 44 с.

13. Богданова, Р. А., Казаева, П. И. Первичная оценка статистических данных в программе STATISTICA // Информация и образование: границы коммуникаций. – 2022. – № 14 (22). – С. 157–162.

14. Камашев, В. В., Кучерова, Е. А., Раскин, П. Н. Выбор оптимальных настроек нейронной сети при прогнозировании временного ряда в пакете статистика // Молодежь. Наука. Современность: IV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. – Воткинск, 2017. – С. 107–109.

15. Кленина, В. И., Софинская, Е. Н., Зироян, А. А. Анализ временных рядов и прогнозирование на примере программы // Человеческий капитал. – 2015. – № 2 (74). – С. 66–74.

16. Deo, T. Y., Sanju, A. Data imputation and comparison of custom ensemble models with existing libraries like XGBoost, CATBoost, AdaBoost and Scikit learn for predictive equipment failure // Materials Today: Proceedings. – 2023. – Vol. 72, № 3. – Pp. 1596–1604. – DOI: 10.1016/j.matpr.2022.09.410.

17. Qu, C., Houston, P. L., Yu, Q., Pandey, P., Conte, R., Nandi, A., Bowman, J. M. Machine learning software to learn negligible elements of the Hamiltonian matrix // Artificial Intelligence Chemistry. – 2023. – Vol. 1, № 2. – P. 100025. – DOI: 10.1016/j.aichem.2023.100025.

18. Qu, C., Houston, P. L., Yu, Q., Conte, R., Pandey, P., Nandi, A., Bowman, J. M. Machine learning classification can significantly reduce the cost of calculating the Hamiltonian matrix in CI calculations // The Journal of Chemical Physics. – 2023. – Vol. 159, № 7. – P. 074105.

19. Крюков, К. М. Практический подход к интеграции технологии

4D-моделирования в совокупности с методами бережливого строительства // Вестник Тамбовского государственного архитектурно-строительного университета. – 2025. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://vestnik.tsuab.ru> (дата обращения: 14.11.2025).

20. Лапидус, А. А., Чапидзе, О. Д. Жизненный цикл строительного объекта с учетом технических факторов риска // Строительное производство. – 2020. – № 3. – С. 45–52.

21. Леденев, В. В. Обследование и мониторинг строительных конструкций объектов капитального строительства // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2018. – Т. 24, № 1. – С. 110–125.

22. Бурлаченко, О. В., Елфимов, К. А., Бунин, Д. В. Информационное обеспечение управления жизненным циклом строительных объектов в концепции BIM // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2018. – № 54 (73). – С. 217–221.

Гончаренко Е.И., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Есипов С.М.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ КАРКАСНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЗДАНИЙ

Долговечность железобетонных каркасных зданий является одним из ключевых показателей их надежности и безопасности в строительстве. В современных условиях роста требований к качеству и срокам эксплуатации строительных объектов исследование факторов, влияющих на длительность их службы, приобретает особую актуальность. Железобетон, комбинируя прочность бетона и гибкость арматуры, обеспечивает высокую несущую способность и стойкость к внешним воздействиям. Однако на практическом уровне долговечность конструкций зависит от множества взаимосвязанных факторов: качества материалов, технологии возведения, условий эксплуатации и своевременного технического обслуживания.

Современные нормы и стандарты ужесточают требования к защитным свойствам железобетона, что делает необходимым глубокое понимание процессов коррозии, структурных изменений и влияния

агрессивных факторов окружающей среды. В статье рассматриваются основные физико-химические, технологические и эксплуатационные факторы, влияющие на долговечность каркасных железобетонных конструкций, а также современные методы повышения их надежности и жизненного цикла.

Изучение этих аспектов способствует разработке эффективных решений по проектированию, строительству и обслуживанию зданий, способствуя увеличению срока их службы при оптимальных затратах.

Железобетонные каркасные здания представляют собой систему несущих элементов, состоящих из железобетонных колонн, ригелей и плит перекрытий, которые соединены между собой и образуют жесткий каркас [1]. Такой каркас способен равномерно воспринимать и перераспределять нагрузки – вертикальные, горизонтальные и динамические, что делает его универсальным и надежным решением для многоэтажных зданий и промышленных сооружений.

Основные преимущества железобетонных каркасов:

- высокая прочность и жесткость, обеспечиваемые сочетанием бетона и стальной арматуры, что позволяет выдерживать значительные эксплуатационные нагрузки и устойчиво сопротивляться деформациям и трещинам;
- хорошая огнестойкость за счет инертности бетона, обеспечивающая безопасность объектов в случае пожара;
- универсальность и адаптивность конструкции для различных типов зданий – жилых, общественных, промышленных;
- возможность применения как монолитных, так и сборных, сборно-монолитных или полностью сборных элементов, что увеличивает скорость и качество строительства.

При возведении каркасных зданий из железобетона особое значение имеет качество материалов (марка бетона, класс арматуры), точность проектных решений и соблюдение технологии производства и монтажа. От этого напрямую зависит долговечность и надежность конструкций.

Однако железобетонные каркасные здания требуют специальной опалубки и тщательного контроля бетонных работ, поскольку нарушение технологий (например, пренебрежение непрерывным бетонированием) может привести к коррозии арматуры и снижению прочности всего каркаса.

В целом, железобетонные каркасные здания являются одним из наиболее распространенных и эффективных типов несущих систем в современном строительстве, обеспечивая комбинацию прочности, устойчивости и функциональности.

Физико-химические факторы, влияющие на долговечность каркасных железобетонных зданий, включают несколько ключевых процессов и воздействий [2]:

карбонизация бетона. В процессе эксплуатации в воздушной среде бетон взаимодействует с диоксидом углерода (CO_2), который при наличии влаги реагирует с гидроксидом кальция в бетоне, образуя карбонат кальция. Этот процесс снижает щелочность бетона, которая необходима для защиты арматуры от коррозии. На ранних этапах карбонизация даже может увеличить прочность за счет закупорки пор, но позднее приводит к появлению коррозии арматуры и разрушению конструкции внутри.

коррозия арматуры. По мере снижения защитных свойств бетона арматурная сталь подвергается коррозии. Химические и электрохимические процессы окисления усиливаются во влажной среде, особенно в присутствии хлоридов и сульфатов, что приводит к расширению коррозионных продуктов и растрескиванию бетона.

воздействие агрессивных химических сред. Агрессивные среды (сульфаты, хлориды, кислоты, щелочи) вызывают химическую деградацию цементного камня и приводят к снижению прочности и модульности бетона. Скорость разрушения зависит от концентрации и природы веществ, а также от микроструктуры бетона.

структурные характеристики бетона. Микроструктура, пористость, степень твердения и качество уплотнения бетона влияют на проникновение влаги и агрессивных веществ, что определяет долговечность конструкции в целом.

Современные методы повышения долговечности каркасных железобетонных конструкций включают комплекс технологических и материаловедческих решений, направленных на защиту элементов конструкции от коррозии, трещин и других дефектов [5]:

Применение коррозионностойкой арматуры и композитных материалов (армирование углепластиком, базальтопластиком). Композитная арматура устойчива к коррозии и уменьшает риск разрушения каркаса, что значительно увеличивает срок службы конструкций [3].

Внешнее армирование с помощью стальных пластин, полимерного бетона или композитных лент. Эти материалы наносятся на поверхность элементов с дефектами для повышения несущей способности и устранения трещин.

Защитные покрытия для арматуры – нанесение специальных красок или ингибиторов коррозии, которые создают барьер между сталью и агрессивной средой. Это предотвращает контакт влаги и хлоридов с арматурой.

Использование добавок в бетон (фибра, суперпластификаторы, гидрофобизаторы), повышающих трещиностойкость, водонепроницаемость и морозостойкость бетона.

Ремонтно-восстановительные работы, включающие инъектирование цементных или полимерных составов в трещины под давлением для устранения дефектов и восстановления целостности.

Современные методы диагностики и мониторинга состояния конструкций с применением неразрушающего контроля, позволяющие оперативно выявлять повреждения и своевременно принимать меры по их устранению [4].

Долговечность каркасных железобетонных зданий определяется комплексным воздействием физико-химических, технологических и эксплуатационных факторов. Естественное старение бетона, проявляющееся в карбонизации, и коррозия арматуры являются основными процессами, ограничивающими срок службы конструкций. Агрессивное воздействие окружающей среды, циклы замораживания-оттаивания, воздействие химических реагентов дополнительно ускоряют разрушение без применения эффективных защитных мер.

Качество исходных материалов и соблюдение современных технологий проектирования и строительства существенно влияют на надежность и длительность эксплуатации. Регулярное техническое обслуживание, своевременный ремонт и применение инновационных методов – использование композитной арматуры, защитных покрытий и проникающих гидроизоляций – способны значительно продлить срок службы объектов, снижая риск дорогих капитальных ремонтов.

Таким образом, для обеспечения длительной и безопасной эксплуатации железобетонных каркасных конструкций необходимо системное понимание и учет всех факторов, влияющих на их долговечность, а также внедрение современных материалов и технологий защиты. Это способствует повышению экономической эффективности и устойчивости строительных объектов в современных условиях эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Федосов С.В. Ключевые факторы влияния на эффективность возведения монолитных железобетонных каркасов // Материалы. Конструкции. Технологии. 2025. № 2(34). С. 25–36.
- Власов В.В., Иванов А.Н. Влияние физико-химических факторов на долговечность железобетонных конструкций // Известия БГТУ им. Шухова. 2024. № 4. С. 45–53.
- Полонина Е.Н., Леонович С.Н. Прогнозирование долговечности железобетонных конструкций с учетом коррозии арматуры и карбонизации бетона. // Изд-во БГТУ им. Шухова, 2023. 320 с.

Карпенко Н.И. Современные методы обеспечения долговечности строительных конструкций. // М.: Наука, 2015. 300 с.

Есипов С.М. Современные методы повышения надежности железобетонных каркасов многоэтажных зданий / С.М. Есипов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2024. № 3. С. 45–53.

Гриндуль Д.А., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Мотылев Р.В.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В КАЛЕНДАРНО-СЕТЕВОМ ПЛАНИРОВАНИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В статье рассматриваются вопросы управления рисками в рамках календарно-сетевого планирования в строительной отрасли. Основное внимание уделяется выявлению, оценке и минимизации рисков, связанных с реализацией строительных проектов, на основе методов моделирования и анализа современных подходов к управлению рисками, интегрированные в процессы разработки и исполнения календарных графиков. В работе предложены рекомендации по повышению надежности и устойчивости планов за счет внедрения систем раннего предупреждения и адаптивных механизмов реагирования, а также демонстрируется важность системного подхода к управлению рисками для обеспечения своевременного завершения проектов и снижения финансовых и репутационных потерь.

Календарно-сетевое планирование занимает особое место в управлении строительными проектами, обеспечивая координацию работ и контроль сроков реализации. Однако, в условиях высокой неопределенности, связанной с внешними и внутренними факторами, реализация строительных проектов сопряжена с существенными рисками, которые могут проявляться в виде задержек, перерасхода бюджета, несоответствия техническим требованиям и других негативных последствий, способных существенно повлиять на успешность проекта.

Цель данной статьи – рассмотреть современные подходы и инструменты управления рисками в рамках календарно-сетевого планирования, выявить их преимущества и ограничения, а также предложить рекомендации по их внедрению в практику строительства.

В рамках исследования особое внимание уделяется вопросам интеграции методов оценки рисков в процессы формирования и корректировки календарных графиков, а также использованию информационных технологий для повышения степени управляемости проектных рисков.

Управление рисками в контексте календарно-сетевого планирования предполагает не только выявление и оценку потенциальных угроз, но и разработку мероприятий по их минимизации и контролю. В современном строительстве активно применяются методы системного анализа, моделирования и автоматизации процессов планирования, что позволяет повысить адаптивность планов к изменяющимся условиям и снизить уровень неопределенности.

Выявление и оценка рисков в календарно-сетевом планировании

Эффективное управление рисками начинается с их своевременного выявления и оценки. В контексте календарно-сетевого планирования это предполагает интеграцию методов анализа риска непосредственно в процессы формирования проектных графиков.

На практике выделяют несколько ключевых этапов в выявлении рисков [1, 2]:

Аналитический сбор информации – включает анализ проектной документации, контрактных условий, особенностей строительной технологии и внешних факторов, таких как рыночная конъюнктура, нормативные изменения, погодные условия и др.

Интервью и экспертные оценки – привлечение специалистов, обладающих опытом в реализации аналогичных проектов, для выявления потенциальных угроз и сценариев развития событий.

Использование исторических данных – анализ прошлых проектов с целью выявления типичных источников риска и их частоты.

После выявления потенциальных рисков их необходимо оценить по двум основным параметрам: вероятности наступления и степени воздействия на проект. Для этого широко применяются качественные и количественные методы оценки, также описанные в ранее произведенных исследованиях [3].

Качественные методы включают использование матриц риска, при которых каждому риску присваиваются оценки по вероятности и последствиям, а также экспертные оценки. Количественные методы используют статистические модели и моделирование сценариев, например, анализ чувствительности, Монте-Карло (англ. Monte Carlo) симуляции или методы анализа дерева решений [4].

Особое значение в календарно-сетевом планировании приобретает моделирование влияния рисков на критический путь проекта и

временные ресурсы. Это позволяет определить наиболее уязвимые участки графика, где возможные задержки могут привести к существенным срывам в реализации. Использование методов анализа чувствительности и Монте-Карло моделирования дает возможность не только оценить вероятность наступления определенных рисков, но и количественно определить их возможное влияние на сроки и стоимость проекта.

Ключевым аспектом оценки рисков является построение сценариев развития событий, что позволяет менеджерам заранее подготовиться к возможным отклонениям. Например, моделирование сценариев с учетом вариаций в сроках выполнения работ, стоимости материалов или внешних условий помогает определить допустимые границы отклонений и разработать меры по их снижению. Важной составляющей оценки является определение уровня риска для каждого элемента календарного графика, что позволяет сосредоточить усилия на наиболее критичных участках [5].

Таким образом, систематический подход к выявлению и оценке рисков в рамках календарно-сетевого планирования обеспечивает основу для дальнейших этапов управления – разработки мероприятий по снижению риска, мониторинга и контроля на всех этапах реализации проекта.

Разработка мероприятий по управлению рисками в календарно-сетевого планировании

После выявления и оценки рисков необходимо перейти к формированию комплекса мер по их снижению, устранению или переносу. В рамках календарно-сетевого планирования это предполагает интеграцию мероприятий по управлению рисками непосредственно в проектную документацию и график работ.

Основные направления разработки мероприятий включают [6]: Планирование мероприятий по снижению риска – действия, направленные на уменьшение вероятности возникновения риска или смягчение его последствий. Например, выбор более надежных поставщиков, резервирование времени в критическом пути, приобретение страховых полисов.

Разработка резервных планов – подготовка альтернативных сценариев и решений на случай реализации риска. Эти планы позволяют оперативно реагировать и минимизировать задержки или дополнительные расходы. Внедрение буферных зон и резервов – включение временных и финансовых резервов в календарный график. Например, добавление буферных сроков в ключевые этапы или создание финансового резерва для непредвиденных расходов или ЧС. [7].

Определение ответственных за управление рисками – назначение конкретных исполнителей и формирование команд по мониторингу рисков, что обеспечивает систематический контроль и своевременное реагирование.

Интеграция мероприятий по управлению рисками в календарно-сетевой график осуществляется через создание специальных резервных линий, добавление дополнительных работ или изменение последовательности выполнения задач. Такой подход позволяет не только снизить вероятность возникновения негативных сценариев, но и повысить гибкость проекта в условиях неопределенности [8].

Важным аспектом является постоянный мониторинг и обновление планов управления рисками в ходе реализации проекта. Это достигается с помощью регулярных совещаний, анализа отклонений и корректировки календаря с учетом новых данных или изменений внешних условий.

Мониторинг и контроль рисков в календарно-сетевом планировании

Ключевые элементы мониторинга рисков включают [9, 10]:
Регулярный сбор информации – отслеживание выполнения задач, оценка состояния ресурсов, контроль за выполнением мероприятий по снижению риска. Это позволяет выявлять признаки возникновения или реализации рисков на ранних стадиях.

Использование индикаторов риска – разработка и применение ключевых показателей (KPI, англ. Key Performance Indicator), которые сигнализируют о возможных отклонениях. Например, увеличение сроков выполнения, рост стоимости материалов или изменения погодных условий.

Анализ отклонений – сравнение фактических данных с плановыми значениями, выявление причин отклонений и их влияние на проект в целом.

Обновление оценки рисков и планов управления – в зависимости от ситуации необходимо корректировать оценки вероятности и воздействия рисков, а также разрабатывать новые мероприятия по их снижению.

Применение автоматизированных систем мониторинга – использование программных средств, интегрированных с календарно-сетевым графиком, позволяет оперативно получать информацию и принимать управленческие решения.

Контроль за рисками в процессе реализации проекта способствует своевременному выявлению новых угроз, корректировке графика и снижению негативных последствий. В результате достигается

повышение вероятности успешного завершения проекта в запланированные сроки и с соблюдением бюджета [11].

Эффективное управление рисками является неотъемлемой частью успешной реализации проектов, особенно в условиях высокой неопределенности и сложности. В рамках календарно-сетевого планирования оно позволяет систематически выявлять, оценивать, разрабатывать мероприятия по снижению и контролировать риски на всех этапах проекта. Интеграция мер по управлению рисками непосредственно в график работ обеспечивает гибкость, адаптивность и своевременное реагирование на возникающие угрозы, что значительно повышает вероятность достижения запланированных целей в установленные сроки и бюджете. Постоянный мониторинг и коррекция планов позволяют минимизировать негативные последствия и обеспечивают устойчивость проекта к внешним и внутренним факторам. Таким образом, системный подход к управлению рисками в календарно-сетевом планировании является важным инструментом для повышения эффективности и надежности проектных процессов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бовтеев С. В., Хурейни Н. К. Р. Классификации и параметры рисков строительных проектов // Вестник гражданских инженеров. – 2021. – № 6 (89). – С. 79-86.
2. Бовтеев С. В., Животягин Д. А. Развитие методов планирования и контроля рисков в строительстве // Организация строительного производства: материалы II Всерос. науч. конф. (Санкт-Петербург, 4-5 февраля 2020 г.). СПб.: СПбГАСУ, 2020. – С. 128-136
3. Гриндуль Д.А. Анализ рисков в строительстве // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2025. – Ч.5. – С. 26-30.
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010 – 2011 «Менеджмент риска. Методы оценки риска».
5. Экономика инноваций: учебник / Под ред. Иващенко Н.П. – М.: Экономический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. – 2024. – 265 С.
6. П. Г. Грабовый. Управление рисками в недвижимости: учебник, для студентов вузов, обучающихся по направлению «Строительство» / Болотин С.А., Грабовый К.П., Грабовый П.Г. и др.; под общ. ред. проф. П.Г. Грабового, Моск. гос. строит. ун-т, Нац. исслед. ун-т. – Москва: Прспект, 2012. – 424 с.
7. Энциклопедия финансового риск-менеджмента / Под ред. А. А. Лобанова, А. В. Чугунова. - М.: Альпина Бизнес Букс. – 2006. – 2316 с.

8. Леонова Т.И., Тимшина Д.К., Кузьмина С.Н. Управление рисками проекта на основе календарно-сетевое моделирования // Сборник докладов Международной научно-практической конференции для представителей сообщества молодых инженеров ТЭК. Санкт-Петербург. – 2021. – С. 315-319.

9. Теличенко В.И., Лapidус А.А., Слесарев М.Ю., Мозаффари М.А. Методы управления жизненным циклом объектов капитального строительства с учетом влияния экологических и других видов рисков // Строительство: наука и образование. – 2024. – №2. – С. 166-177.

10. Шкурко В.Е. Управление рисками проектов: [учеб. пособие] / В. Е. Шкурко; [науч. ред. А. В. Гребенкин]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 184 с.

11. Бартон Т. Комплексный подход к риск-менеджменту: стоит ли этим заниматься: пер. с англ. / Т. Бартон, У. Шенкир, П. Уокер. – М: Изд. дом «Вильямс», 2003. – 208 с.

Дроздович А.А., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Васин А.П.**

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА

Современная строительная индустрия сталкивается с необходимостью повышения эффективности и снижения сроков реализации проектов при одновременном снижении затрат. В условиях динамично меняющегося рынка и внедрения инновационных технологий управление строительными проектами становится ключевым фактором достижения конкурентных преимуществ. В статье рассматриваются современные методы управления строительными проектами, направленные на повышение производительности труда. Особое внимание уделяется интеграции информационных технологий, моделированию строительных процессов, а также применению подходов бережливого производства и гибких методологий управления. Анализируются преимущества и недостатки рассматриваемых методов, а также их влияние на организацию труда в строительной отрасли.

Эффективное управление строительными проектами выступает важнейшим аспектом обеспечения успешной реализации объектов капитального строительства. В условиях высокой конкуренции и постоянных требований к сокращению сроков выполнения и повышению качества работ, применение традиционных методов управления зачастую оказывается недостаточным. Современные технологии и подходы предоставляют новые возможности для оптимизации процессов, повышения мотивации работников и снижения издержек. В этой связи актуальным становится анализ современных методов управления, способных обеспечить рост производительности труда в строительной сфере. Цель данной статьи – рассмотреть основные современные подходы и инструменты, внедрение которых способствует повышению эффективности работы строительных организаций.

Одним из наиболее распространенных современных методов управления строительными проектами является внедрение информационных технологий, в частности, систем информационного моделирования зданий (ТИМ). Эта технология позволяет интегрировать все этапы проекта в единую цифровую платформу – от проектирования и планирования до эксплуатации. Использование ТИМ способствует точному прогнозированию временных и финансовых затрат, а также улучшает координацию между различными участниками проекта. В результате уменьшается количество ошибок, повторных работ и простоев, что напрямую влияет на повышение производительности труда. Информационное моделирование обеспечивает создание виртуальной модели объекта, которая содержит все необходимые данные о конструкциях, инженерных системах и материалах. Такой подход позволяет проводить анализ и оптимизацию строительных решений на ранних этапах, что существенно снижает риски и сокращает сроки реализации. Внедрение ТИМ также способствует автоматизации документооборота и обеспечивает прозрачность всех процессов, что особенно важно при управлении крупными и сложными проектами [1].

Еще одним важным современным подходом является применение гибких методологий управления, таких как Scrum (англ. scrum – «схватка») и Kanban (япон. 看板 – «рекламный щит»), которые ранее успешно использовались в ИТ-секторе. В строительстве эти методы позволяют более гибко реагировать на изменения в проекте, быстро перераспределять ресурсы и оптимизировать рабочие процессы. Scrum – методология совместной командной работы, широко используемая в разработке программного обеспечения и других отраслях для адаптивного решения комплексных проблем, предполагает работу в

коротких циклах – спринтах, каждый из которых завершается конкретным результатом. Такой подход способствует более плотной коммуникации внутри команды и регулярной оценке прогресса, что позволяет своевременно выявлять и устранять проблемы. Kanban – система управления проектами, основанная на принципе разделения объема работы на конкретные задачи, основывается на визуализации рабочих задач с помощью досок и карточек, что дает возможность управлять потоком работ и избегать задержек. В обоих случаях особое значение придается прозрачности процессов и гибкости планирования, что повышает адаптивность команды и способствует более высокой мотивации работников. В результате такие методики позволяют снизить время выполнения задач и повысить качество работы [2, 3].

Кроме того, значительное внимание уделяется внедрению систем автоматизации и роботизации строительных процессов. Использование автоматизированных машин, таких как бульдозеры, экскаваторы и бетономешалки с интеллектуальным управлением, позволяет снизить физическую нагрузку на рабочих и увеличить скорость выполнения работ. Роботизированные системы для укладки кирпича, сборки конструкций и выполнения рутинных операций позволяют повысить точность и качество выполнения задач. Также широко применяются дроны для мониторинга строительных площадок: они быстро собирают актуальные фотографии и видеоматериалы, что помогает своевременно выявлять отклонения от плана и контролировать прогресс работ. Например, использование дронов для аэрофотосъемки и трехмерного картографирования позволяет получать актуальную информацию о ходе строительства без необходимости постоянного присутствия на площадке. Использование автоматизированных машин и дронов становится важной составляющей цифровой трансформации строительной отрасли, способствует не только повышению производительности труда, но и более точному планированию ресурсов, что снижает издержки и повышает безопасность на строительной площадке [4, 5].

Внедрение современных информационных технологий и методов управления оказывает значительное влияние на эффективность строительных процессов. Значительную роль играет автоматизация проектных работ, позволяющая быстро и точно моделировать конструкции и инженерные системы. Это обеспечивает более эффективное взаимодействие между архитекторами, инженерами и подрядчиками, сокращая время на согласование и исправление ошибок. Также важен переход к использованию облачных платформ, которые позволяют удаленно обмениваться данными и контролировать ход

строительства в реальном времени. Такие платформы используют облачные хранилища, что обеспечивает надежное хранение и быстрый доступ к проектной документации и данным. Облачное хранилище позволяет быстро масштабировать ресурсы под нагрузку и подключать аналитические платформы без капитальных затрат, обеспечивая безопасность информации [6]. Такой подход обеспечивает прозрачность и оперативность управления проектами, снижая риски задержек и перерасходов.

Современные технологии позволяют также внедрять системы прогнозирования и аналитики, основанные на искусственном интеллекте и больших данных (англ. big data). Эти системы помогают предсказывать возможные проблемы еще на ранних этапах, что значительно повышает качество планирования и принятия решений. Внедрение и применение больших данных позволяет собирать огромное количество информации о строительных процессах, условиях окружающей среды и ресурсах [7]. Искусственный интеллект анализирует эти данные, выявляя скрытые закономерности и потенциальные риски. Благодаря этому компании могут автоматически оптимизировать графики, ресурсы и расходные материалы, повышая эффективность и снижая издержки. В результате строительные компании становятся более конкурентоспособными, так как могут оперативно реагировать на изменения рынка и внутренние вызовы. В целом, интеграция новых технологий и методов управления делает строительную отрасль более устойчивой и инновационной, отвечающей современным требованиям времени [8].

Внедрение современных технологий также способствует развитию цифровых двойников зданий и сооружений, что позволяет осуществлять их мониторинг и управление на протяжении всего жизненного цикла. Цифровые двойники создаются на основе данных, полученных с помощью датчиков, систем ИТ и ТИМ, что обеспечивает постоянное отслеживание состояния объектов в реальном времени [9]. Это позволяет своевременно выявлять возможные дефекты, планировать профилактические мероприятия и оптимизировать эксплуатационные расходы. Кроме того, использование технологий дополненной и виртуальной реальности (AR и VR) помогает в обучении работников, а также в подготовке и проверке сложных монтажных и ремонтных работ до их выполнения на площадке. Интеграция этих инноваций повышает уровень автоматизации и эффективности, способствует снижению ошибок и повышению безопасности на строительных объектах. В результате, строительные компании получают инструмент для более точного и управляемого развития своих проектов, что значительно

повышает их конкурентоспособность и устойчивость в условиях быстро меняющегося рынка [10].

Современная строительная индустрия переживает эпоху интенсивных изменений благодаря внедрению инновационных технологий и методов управления. Их использование позволяет значительно повысить эффективность, качество и безопасность строительных процессов, а также снизить издержки и сроки реализации проектов. Внедрение автоматизации, цифровых платформ, дронов, систем аналитики, искусственного интеллекта и дополненной реальности превращает строительство из рутинной деятельности в высокотехнологичный и управляемый процесс, что способствует развитию отрасли в целом.

В будущем ожидается дальнейшее развитие этих технологий, что откроет новые возможности для автоматизации, повышения экологической устойчивости и создания умных, энергоэффективных зданий и инфраструктурных объектов. Важную роль в этом процессе сыграет подготовка кадров, способных работать с новыми инструментами и системами. Таким образом, инновации в строительной сфере не только устраняют существующие проблемы, но и формируют основу для устойчивого и прогрессивного развития отрасли.

Поддержка и развитие современных технологий должны стать приоритетом для государственных структур и частных компаний, что обеспечит конкурентоспособность и инновационный прорыв в строительстве в ближайшие годы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Возгомент Н.В. Современные вызовы и перспективы развития BIM-моделирования в России в эпоху цифровизации / Н.В. Возгомент // E-Management. – 2020. – Том 3. – №3. – С. 20-27.
2. Сазерленд Д. Scrum. Революционный метод управления проектами / Джефф Сазерленд / Изд.: Манн Иванов и Фербер. – Москва. – 2016. – 186 с.
3. Барроуз М. Канбан Метод: улучшение системы управления. / Kanban from the Inside: Understand the Kanban Method, connect it to what you already know, introduce it with impact. Mike Burrows / Перевод: М. Витебский. / Изд.: Альпина Паблишер. – Москва. – 2021. – 304 с.
4. Агабаев Н., Джумаханов А. Строительно-дорожные машины и искусственный интеллект: будущее строительной отрасли // Символ науки. – 2024. – №5-2-1. – С. 15-16.
5. Носков И.В., Носков К. И, Тиненская С.В., Ананьев С.А. Дрон-технология в строительстве – современные решения и возможности //

Вестник евразийской науки. – 2020. - №5. – Том 12. – С. 1-12.

6. Бухенский Д. Облачные технологии в управлении проектами: преимущества и вызовы // Актуальные исследования. – 2025. – №20 (255). – Часть I. – С. 52-56.

7. Мамедов А.А. Перспективы применения технологий больших данных в моделях управления эффективностью деятельности организации // Прогрессивная экономика. – 2025. – №9. – С. 113-114.

8. Сатдинов, Ф. Р. Использование искусственного интеллекта в управлении проектами // Молодой ученый. – 2024. – № 38 (537). – С. 10-12.

9. Крюков К. М., Шаповалов А. В. Использование технологии цифровых двойников в строительстве // ИВД. – 2022. – №5 (89).

10. Язгельдиев Ш., Керимов А., Агаев А. Виртуальная и дополненная реальность в строительстве: новые возможности для проектирования и обучения // Вестник науки. – 2024. – №10 (79). – С. 950-953.

**Зиятдинова А.Н., аспирант,
Марченко А.В., аспирант**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИЗМЕНЕНИЕ ПОДХОДОВ К ПРОДЛЕНИЮ СРОКА СЛУЖБЫ ПАНЕЛЬНЫХ ДОМОВ В РОССИЙСКОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ НОРМАТИВНОЙ БАЗЕ

Современная строительная отрасль сталкивается с проблемой управления жилищным фондом, значительную часть которого составляют панельные жилые здания, возведенные в период 1960–1980-х гг. По данным Федеральной службы государственной статистики, общий объем жилого фонда с износом более 66 % составляет 257 млн м², что соответствует 6 % от всего жилого фонда России [1]. Актуальность проблемы заключается не только в необходимости обеспечения безопасности проживающих в этих зданиях граждан, но и в экономической целесообразности сохранения существующего жилого фонда через продление их срока службы. Интенсивность данной проблемы подтверждается статистикой: объем аварийного жилого фонда за пятилетний период с 2019 по 2024 гг.

увеличился на 21 %, в то время как процесс выбытия жилья из эксплуатации продолжает ускоряться. Прогнозируемый объем выбытия жилого фонда к 2025 г. составляет 80,2 млн м², с максимальной интенсивностью в 2020-е гг [1]

Продление срока эксплуатации панельных зданий требует систематического развития и совершенствования национальной нормативно-технической базы, охватывающей все этапы жизненного цикла сооружений: от комплексного обследования и оценки технического состояния до определения оптимальных методик капитального ремонта и реконструкции [2-11]. Анализ развития нормативной базы показывает отчетливую тенденцию к расширению и углублению требований, однако выявляет и критические пробелы, особенно в области мониторинга закладных деталей – элементов конструкций, коррозионные повреждения которых представляют серьезную угрозу для несущей способности зданий.

В период 1990-х гг. основой для проектирования, строительства и эксплуатации панельных жилых зданий служили строительные нормы и правила, установленные в период деятельности СССР и сохранившие свою юридическую силу в Российской Федерации. Ключевым нормативным документом этого периода явился СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии», который определил правовые рамки для решения проблем долговечности и безопасности строительных конструкций. Согласно этому документу, нормативный срок службы панельных домов устанавливался в диапазоне 50–100 лет в зависимости от конструктивной серии здания и условий его эксплуатации. Такой широкий разброс отражал как высокую степень неопределенности в оценке фактического состояния строительного фонда, так и различия в качестве материалов, применяемых при возведении зданий различных периодов.

Методики обследования панельных зданий в данный период были в существенной степени ограничены доступным арсеналом средств и подходов. Процедуры оценки технического состояния сосредоточивались преимущественно на визуальном осмотре конструкций, доступных для прямого наблюдения и измерения. Детальная оценка скрытых конструктивных элементов, включая закладные детали, соединяющие отдельные панели в единую пространственную систему, не предусматривалась нормативными документами того времени, что явилось следствием как технологических ограничений, так и отсутствия методологических подходов к оценке состояния таких элементов.

Начиная с 2000-х гг., подходы к обследованию, оценке технического состояния и продлению срока службы панельных жилых зданий претерпели существенные изменения, обусловленные растущим объемом накопленного опыта и совершенствованием методов диагностики. Первым значительным шагом стало введение свода правил СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений», который впервые систематизировал категории износа конструкций на основе наблюдаемых повреждений и дефектов. Однако даже этот документ не акцентировал внимание на специальные требования к оценке состояния и мониторингу закладных деталей.

Более существенное улучшение методологии произошло с принятием в 2011 г. ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния». Данный стандарт существенно уточнил требования к оценке повреждений стальной арматуры и закладных деталей, включая явления коррозии, которые в панельных системах могут приводить к значительному снижению жесткости и несущей способности конструкций. Значительным нововведением ГОСТ 31937-2011 явилось введение обязательного выборочного вскрытия узлов конструкций для детального анализа их внутреннего состояния. Кроме того, стандарт предусмотрел использование инструментальных методов контроля, позволяющих выявлять скрытые дефекты, недоступные при визуальном осмотре.

Период 2017–2019 гг. характеризовался качественным скачком в развитии нормативной базы, связанным с осознанием критичности проблемы старения жилого фонда и необходимостью комплексного подхода к управлению жизненным циклом зданий. В 2017 г. был принят Свод правил СП 368.1325800.2017 «Здания жилые. Правила проектирования капитального ремонта», установивший детальные требования к капитальному ремонту жилых зданий высотой до 75 м. Этот нормативный документ предусмотрел обязательное проведение комплексного обследования всех несущих конструкций, включая тщательный анализ их фактического состояния в начале процесса проектирования капитального ремонта.

Одновременно произошла актуализация основополагающего норматива, определяющего требования к защите строительных конструкций. СП 28.13330.2017, представляющий собой актуализированную редакцию СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии», ввел в нормативную практику конкретные технические меры защиты закладных деталей на различных этапах их

жизненного цикла. Новые требования предусмотрели использование коррозионностойких бетонных смесей с повышенной плотностью и низкой проницаемостью, герметизацию межпанельных швов специальными герметиками и мастиками, а также применение различных типов антикоррозионных покрытий уже на стадии производства и монтажа конструктивных элементов.

В 2019 г. был принят еще один важный нормативный документ – Свод правил СП 454.1325800.2019 «Здания жилые многоквартирные. Правила оценки аварийного и ограничено-работоспособного технического состояния». Этот документ установил унифицированные критерии оценки технического состояния панельных жилых зданий и определил категории их текущего состояния (нормальное, неудовлетворительное, аварийное и ограничено-работоспособное) на методологической основе, разработанной в ГОСТ 31937-2011. Появление этого стандарта явилось результатом понимания необходимости единых, сопоставимых критериев для оценки состояния жилого фонда на национальном уровне.

В период 2024–2025 гг. произошло дальнейшее усиление требований к контролю и систематическому мониторингу технического состояния строительных объектов. Вступивший в силу 1 мая 2024 г. обновленный Государственный стандарт ГОСТ 31937-2024 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» представляет собой наиболее полное и детализированное изложение требований к диагностике зданий. Новый стандарт обновил и значительно расширил правила мониторинга, введя унифицированные формы паспортов зданий и сделав обязательным систематический анализ коррозионных повреждений в межпанельных швах – элементах, критически важных для панельных конструктивных систем. Развитие технологий неразрушающего контроля, включенное в новый стандарт, открывает принципиально новые возможности для выявления скрытых дефектов на ранних стадиях их развития.

Исторически панельные жилые здания, возведенные в период 1960–1980-х гг., строились с применением прогрессивных для своего времени индустриальных методов производства: крупнопанельной и каркасно-панельной конструктивных систем. Использование таких систем позволило достичь значительного снижения расхода стальной арматуры на 15–20 % в сравнении с монолитным бетоном, а также существенно уменьшить затраты труда на строительство и сократить период возведения зданий. Однако повышенная индустриализация, необходимая для массового строительства в условиях ограниченных ресурсов, привела к определенным негативным последствиям. Здания

стали более уязвимы перед физико-механическими факторами износа, в частности перед воздействием качества используемых строительных материалов и регулярности проведения работ по техническому обслуживанию и капитальному ремонту.

Периодом в истории панельного жилого фонда явились 1990-е гг., характеризовавшиеся резким снижением объемов финансирования на содержание и ремонт жилья. Данный период дефицита ухода и обслуживания способен ускорить процессы физической деградации конструкций в десятки раз, что непосредственно влияет на текущее состояние значительной части жилого фонда. Такие статистические данные подчеркивают критическую важность регулярного и систематического обследования панельных зданий.

Для хрущевских панельных зданий, представляющих собой типовые серии производства 1960–1970-х гг., нормативный срок службы при надлежащем техническом обслуживании и периодическом ремонте установлен на уровне 125 лет. Однако практический анализ фактического состояния множества обследованных зданий показывает, что реальный уровень износа может достигать 68 % уже через 55 лет эксплуатации. Это несоответствие между нормативным и фактическим сроком службы главным образом связано с недостаточным уровнем обслуживания и систематического ремонта, особенно в кризисный период 1990-х гг. [12, 13].

Продление срока службы хрущевских зданий может быть достигнуто посредством проведения комплексной реконструкции, включающей широкий спектр мероприятий: утепление и модернизацию фасадных конструкций для снижения энергопотребления, перепланировку внутреннего пространства квартир с целью улучшения качества жилого пространства, надстройку дополнительных этажей или пристройку объемов для увеличения предоставляемой площади. Такие работы были предусмотрены Федеральной программой «Жилище» (2002–2010 гг.) и развивались в последующих нормативно-правовых актах. Однако реконструкция экономически целесообразна лишь в определенных случаях; при условии, что ее стоимость не превышает 125–130 % восстановительной стоимости здания, экономический анализ указывает на более целесообразность ее проведения в сравнении с возведением нового объекта.

Развитие методов анализа и прогнозирования износа панельного жилого фонда тесно связано с совершенствованием информационной базы для исследований. До 2017 г. прогнозирование износа базировалось исключительно на агрегированных статистических данных, собираемых Федеральной службой государственной

статистики (Росстат) с интервалами сбора информации в 25 лет. Такой режим сбора данных существенно ограничивал точность прогнозов и не позволял учитывать локальные особенности жилого фонда по материалам стен и историческим периодам строительства [14].

С 2017 года ситуация изменилась кардинально в связи с введением комплексной цифровой базы данных «Мой дом» (БД МКД) Министерством строительства России. Эта база данных позволила впервые проводить детальный анализ структуры жилого фонда с учетом конкретных материалов конструкций и исторических периодов строительства. Система охватила 74 % многоквартирных домов на территории Российской Федерации, обеспечивая представительную выборку для анализа. Внедрение системы мониторинга с использованием БД МКД существенно повысило точность прогнозирования на национальном уровне. Собранные данные позволяют учитывать влияние проведенного капитального ремонта на продление срока службы зданий: согласно статистическому анализу, качественно выполненный капитальный ремонт может продлить срок службы панельного дома на 10–90 % сверх нормативного срока, в зависимости от типа здания, особенно для сооружений с железобетонными перекрытиями [14].

Несмотря на явное развитие нормативной базы и расширение требований к обследованию строительных конструкций, проблема состояния и систематического мониторинга закладных деталей, соединяющих отдельные панели в единую пространственную систему, остается недостаточно решенной в нормативно-технической практике. Коррозия закладных деталей в панельных жилых домах представляет собой один из наиболее опасных видов повреждений, приводящих к значительному снижению жесткости конструкций и способных угрожать как безопасности здания в целом, так и безопасности его отдельных элементов. Анализ современных нормативных документов показывает, что в ГОСТ 31937-2024 и СП 454.1325800.2019, несмотря на введенные улучшения, закладные детали не выделены в качестве специально приоритизированного элемента конструкции, требующего обязательного систематического мониторинга с применением специализированных методов контроля.

В классических панельных системах 1960–1980-х гг. пространственная жесткость зданий обеспечивается системой поперечных несущих стен, соединенных в единую конструкцию посредством закладных деталей и связей. Коррозионные повреждения этих скрытых элементов конструкций, обусловленные различными факторами (влажность, проникновение хлоридов, неоптимальный pH),

способны существенно снижать несущую способность таких конструкций и нарушать их работу в условиях эксплуатационных нагрузок.

Переход от системы строительных норм и правил (СНиП) к системе сводов правил (СП) в целом явился прогрессивным шагом и улучшил методологические подходы к оценке технического состояния панельных зданий и планированию ремонтных работ. Развитие методологии позволило введение единых критериев и процедур оценки, которые могут применяться на территории всей страны. Однако этот переход требует дополнительной доработки, особенно в части, касающейся специализированного мониторинга закладных деталей и других скрытых конструктивных элементов, состояние которых существенно влияет на долговечность зданий. Современные нормативные документы нуждаются в существенной детализации требований к выявлению, оценке состояния и мониторингу этих критически важных элементов панельных конструкций.

На примере г. Белгорода, где сосредоточено значительное количество панельных домов 1960-х гг. строительства, видно, что продление срока службы этих зданий в настоящее время осуществляется в основном через проведение текущих ремонтов и обслуживания. Однако такой подход принципиально не предусматривает применение современных инновационных технологий глубокой комплексной реконструкции и использование цифровых методов мониторинга, что существенно ограничивает потенциал продления срока службы этих зданий. Федеральный закон № 494-ФЗ (2020 г.) расширил возможности управления жилищным фондом, разрешив замену отдельных конструктивных элементов с целью снижения уровня износа и повышения безопасности [15].

В контексте ускоренной цифровизации российской строительной отрасли, поддерживаемой государственными требованиями об обязательном использовании BIM-технологий в новом строительстве (с июля 2024 г. для жилищного строительства), интеграция таких цифровых методов с мониторингом технического состояния существующего жилого фонда становится стратегическим направлением развития. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку унифицированных методологий интеграции информационных технологий с процессами обследования панельных зданий, создание отечественных программных платформ для мониторинга жилого фонда, анализ экономической эффективности внедрения таких систем, а также на совершенствование нормативной базы с целью приоритизации контроля закладных деталей.

Анализ развития нормативно-технической базы за период 1990–2025 гг. демонстрирует отчетливую тенденцию к расширению и углублению требований к обследованию, мониторингу и продлению срока службы панельных жилых зданий. Введение систематизированных классификаций износа конструкций, разработка унифицированных критериев оценки технического состояния, создание цифровых баз данных мониторинга и разработка специализированных нормативов для капитального ремонта свидетельствуют о серьезном и системном подходе к этой проблеме на государственном уровне. Вместе с тем, несмотря на значительное развитие нормативной базы, в современных стандартах ГОСТ 31937-2024 и СП 454.1325800.2019 сохраняется недостаточное внимание к специализированному мониторингу закладных деталей, хотя их коррозионные повреждения представляют серьезную угрозу для конструктивной безопасности панельных зданий. Требуется дальнейшая целенаправленная работа по совершенствованию нормативной базы в направлении повышения требований к детальной диагностике, систематическому мониторингу и ремонту скрытых конструктивных элементов. Статистические данные подтверждают срочность решения проблемы: увеличение объема аварийного жилья на 21 % за пятилетний период и прогнозируемое выбытие 80,2 млн м² жилого фонда требуют интенсификации работ по продлению срока службы существующего жилого фонда и совершенствованию методов диагностики, включая контроль состояния скрытых конструктивных элементов панельных зданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Росстат. Жилищный фонд России: статистический сборник. – М.: Росстат, 2024. 250 с. (Данные по износу на конец 2024 г.).
2. Никулина, Ю. А. О влиянии влажностных условий на характеристики бетонов на завершающем этапе эксплуатации объекта капитального строительства при управлении его жизненным циклом / Ю. А. Никулина, Л. А. Сулейманова // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов IX Международной научно-практической конференции. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 163-167.
3. Сулейманова, Л. А. Реализация алгоритмов машинного обучения в Statistica Neural Networks для прогнозирования прочности железобетонных элементов / Л. А. Сулейманова, П. А. Амелин, Е. В. Овчинников // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов IX Международной научно-практической конференции. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 168-172.

4. Использование компьютерного зрения на основе сверточных нейронных сетей при оптимизации строительных процессов / Л. А. Сулейманова, И. С. Рябчевский, А. М. Левшин, Е. В. Овчинников // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов IX Международной научно-практической конференции. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 173-178.

5. Сулейманова, Л. А. Управление жизненным циклом здания на этапе эксплуатации с использованием моделей искусственных нейронных сетей и машинного обучения / Л. А. Сулейманова, А. А. Обайди // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 3. – С. 38-46.

6. Римшин, В. И. Нейросетевое прогнозирование несущей способности железобетонных элементов на различных стадиях жизненного цикла / В. И. Римшин, П. А. Амелин, Л. А. Сулейманова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 11. – С. 42-55.

7. Оптимизация энергосбережения при управлении жизненным циклом объектов строительства на этапе проектирования / Л. А. Сулейманова, А. А. Х. Обайди, О. Н. Шаропов, А. Ю. Черенков // Вестник евразийской науки. – 2024. – Т. 16, № 5.

8. Черенков, А. Ю. Обследование технического состояния строительных конструкций на протяжении жизненного цикла здания / А. Ю. Черенков, Л. А. Сулейманова // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова. Том 1. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 250-255.

9. Сулейманова, Л. А. Управление данными BIM-модели при оценке устойчивости жизненного цикла зданий / Л. А. Сулейманова, И. С. Рябчевский // Университетская наука. – 2023. – № 1(15). – С. 117-119.

10. Сулейманова, Л. А. Прогнозирование энергопотребления здания на основе нейронных сетей / Л. А. Сулейманова, А. А. Х. Обайди // Университетская наука. – 2023. – № 2(16). – С. 65-67.

11. Сулейманова, Л. А. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами / Л. А. Сулейманова, П. В. Сапожников, А. Н. Кривчиков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2022. – № 4. – С. 12-24.

12. Романович А.Н. К вопросу обследования жилых зданий хрущевского типа // Актуальные проблемы современного строительства. 2016. С. 45–52.

13. Литвинова О.В. Конструктивные особенности жилых зданий: исторический аспект // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 3. С. 7–15.

14. Сальников В.А., Михеева О.М. Развитие подходов к анализу и прогнозированию состояния и динамики жилищного фонда России // Проблемы прогнозирования. 2019. № 4. С. 106–116.

15. Коренькова Г.В., Митякина Н.А., Белых Т.В., Дорохова Е.И. Формирование реновационных процессов жилой застройки в российских городах // Архитектура и строительство России. 2022. № 5. С. 22–29.

Зюбанов А.В., студент

**Научный руководитель: канд. техн. наук, ст. преп.
Рябчевский И.С.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЗДАНИЯ С УЧЕТОМ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ

Технологии информационного моделирования в строительстве в российской нормативной документации трактуются как организованная система принципов, методов и средств управления данными об объекте капитального строительства на протяжении всего жизненного цикла, сосредоточенная вокруг цифровой информационной модели и ориентированная на моделицентричный обмен информацией между участниками процесса на всех стадиях – от изысканий и проектирования до эксплуатации и сноса [1-11]. В формулировке, принятой в профессиональной среде с опорой на действующие стандарты, «технология информационного моделирования (ТИМ) представляет собой совокупность систематизированных знаний, методов и средств, обеспечивающих возможность совместного управления информацией об объекте моделирования в течение его жизненного цикла, представленной в цифровом виде», а «информационное моделирование определяется как процессы комплексного анализа информации об объекте моделирования на всем жизненном цикле, формирования его информационной модели и управления ею» согласно ГОСТ Р 10.00.00.01-2025 и СП 333.1325800.2020. На уровне отраслевой практики ТИМ закреплён в инвестиционно-строительной сфере и проектах с бюджетным финансированием, однако на этапе технической эксплуатации зрелость применения ограничена:

организационные, регламентные и интеграционные разрывы препятствуют превращению модели в полноценный источник актуальных эксплуатационных данных для управления состоянием и затратами жизненного цикла [12, 13].

Понятие цифрового двойника здания в прикладном эксплуатационном контексте целесообразно понимать, как динамическую цифровую копию объекта, синхронизируемую с потоком фактических данных мониторинга (информацию с датчиков, результаты неразрушающего контроля и геодезических измерений), обследований, ремонтов и режимов работы инженерных систем, которая обеспечивает риск-ориентированное и предиктивное обслуживание. Такой двойник выходит за пределы трехмерной геометрии и включает атрибуты состояния, историю вмешательств, регламенты технического обслуживания и ремонта (ТОиР), показатели износа и остаточного ресурса, без которых цифровая модель быстро теряет соответствие реальности и перестает быть инструментом управления эксплуатацией.

Переход от проектной информационной модели (ПИМ) к эксплуатационной информационной модели (ЭИМ) – ключевой управленческий и технологический процесс, связывающий «как построено» с «как, эксплуатируется», и именно он формирует цифровую основу для принятия решений в эксплуатации. Эксплуатационная информационная модель формируется на основе проектной модели с дополнением фактических данных о состоянии конструкций, результатов обследований, истории ремонтов и текущих эксплуатационных параметрах, и должна поддерживать плановое обслуживание, планирование ремонтов и управление жизненным циклом объекта [14]. Содержательно ЭИМ включает структурированную геометрию и идентификацию элементов, материалы и проектные характеристики, эксплуатационные нагрузки и режимы, диагностические признаки и дефекты, результаты неразрушающего контроля и мониторинга, категории технического состояния по результатам обследований, индексы износа по принятым методикам, регламенты и планы ТОиР, календарь и журнал событий. В российском нормативном поле роль «скелета» процесса задают документы по обследованию и эксплуатации, ГОСТ 31937 задает терминологию, состав и порядок работ по обследованию и мониторингу, а также требования к заключению с категорией технического состояния, тогда как СП 255.1325800.2016 «Правила эксплуатации зданий и сооружений» формирует общие требования к содержанию и регламентам работ в период нормальной эксплуатации,

включая связь с обследованиями и поддержание работоспособности. Вместе они обеспечивают верифицируемые исходные данные и контекст для пополнения ЭИМ. Дополнительную методическую опору на уровне оценки физического износа дают ВСН 53-86(р) и методика МосжилНИИпроект [15], которые трактуют износ как утрату технико-эксплуатационных качеств, предписывают расчет на основе таблиц признаков с взвешиванием по участкам и агрегированием на уровень здания и тем самым поддаются алгоритмизации и интеграции в цифровую модель.

Несмотря на очевидную концептуальную зрелость подхода перехода от ПИМ к ЭИМ, в российской практике создания эксплуатационных моделей фиксируется ряд устойчивых проблем, замедляющих отраслевой переход к данным как активу эксплуатации (рис.) [14].

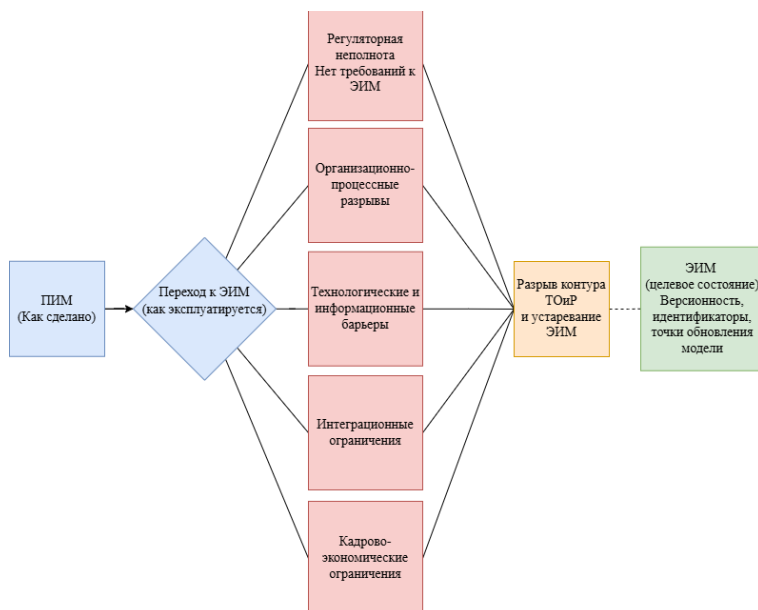


Рис. Переход от ПИМ к ЭИМ с указанием классов барьеров и эталонных требований к ЭИМ как целевому состоянию

Первый блок проблем — это регуляторная неполнота: специализированные требования к ведению и обновлению ЭИМ в эксплуатации детализированы слабо, отсутствует единый набор обязательных атрибутов и идентификаторов для обозначения эксплуатационного цикла.

Второй блок проблем – организационно-процессный: нет повсеместно закрепленных контрольных точек для обновления моделей после обследований, ремонтов и инцидентов, не установлены сроки на внесение изменений, не назначены роли по качеству данных, что приводит к быстрой деградации актуальности модели и разрыву между фактами и цифровым представлением.

Третий – технологический и информационный: отрасль сталкивается с гетерогенностью исходных данных (фотофиксация, журналы, протоколы неразрушающего контроля, сметы) и отсутствием единых классификаторов элементов и дефектов, что затрудняет автоматизируемость, сопоставимость серий наблюдений.

Четвертый – интеграционный: программные решения для расчета износа по ВСН 53-86(р) и смежным методикам существуют, но часто функционируют автономно, не имея двусторонних связей с ТИМ и программами, из-за чего контур «данные – расчет – планирование ТОиР – исполнение – обратная запись в модель» разомкнут и теряет эффективность.

Пятый – кадровый и экономический: эксплуатирующим организациям недостает специалистов, владеющих ТИМ-платформами, управлением качеством данных и интеграцией с инженерными системами, а поддержание «живой» модели требует затрат на дисциплину данных и сопровождение, которые не всегда очевидно окупаются в текущих моделях управления недвижимостью [16-18].

На этом фоне даже наличие нормативной базы обследований и эксплуатации не гарантирует превращения ЭИМ в «единственный источник информации по объекту»: без версионности, единых идентификаторов, формализованных событий обновления и организационной ответственности цифровой двойник теряет синхронизацию с реальным объектом и превращается в статическую модель [18].

Системное преодоление обозначенных барьеров предполагает увязку нормативного «каркаса» обследований и эксплуатации со стандартами данных для ЭИМ, введение обязательных атрибутов, классификаторов и правил прослеживаемости, регламентацию событий-обновлений и сроков на внесение информации, а также двустороннюю интеграцию ТИМ с источниками фактов. В результате, при наличии дисциплины данных, формализованных ролей и интеграций, ЭИМ и цифровой двойник способны обеспечить воспроизводимость решений, сокращение жизненных затрат и прозрачность технического обследования и ремонта, тогда как при сохранении текущих нерешенных регуляторных и кадровых вопросов эксплуатационные модели будут

оставаться фрагментарными, быстро устаревающими и недостаточно влияющими на эффективность самой протяженной стадии жизненного цикла здания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Четверик, Н. П. Поэтапное внедрение технологий информационного моделирования (BIM) в строительной сфере / Н. П. Четверик // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2014. – № 12(191). – С. 44-47.

2. Сулейманова, Л. А. Реализация алгоритмов машинного обучения в Statistica Neural Networks для прогнозирования прочности железобетонных элементов / Л. А. Сулейманова, П. А. Амелин, Е. В. Овчинников // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. IX Международной научно-практической конференции. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 168-172.

3. Использование компьютерного зрения на основе сверточных нейронных сетей при оптимизации строительных процессов / Л. А. Сулейманова, И. С. Рябчевский, А. М. Левшин, Е. В. Овчинников // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. IX Международной научно-практической конференции. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 173-178.

4. Сулейманова, Л. А. Анализ методов прогнозирования энергопотребления при управлении жизненным циклом объектов капитального строительства / Л. А. Сулейманова, А. А. Х. Обайди // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня образования БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2024. – С. 229-235.

5. Римшин, В. И. Нейросетевое прогнозирование несущей способности железобетонных элементов на различных стадиях жизненного цикла / В. И. Римшин, П. А. Амелин, Л. А. Сулейманова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 11. – С. 42-55.

6. Оптимизация энергосбережения при управлении жизненным циклом объектов строительства на этапе проектирования / Л. А. Сулейманова, А. А. Х. Обайди, О. Н. Шарапов, А. Ю. Черенков // Вестник евразийской науки. – 2024. – Т. 16, № 5.

7. Сулейманова, Л. А. Системы облачного хранения данных для управления жизненным циклом объектов строительства / Л. А. Сулейманова, И. С. Рябчевский // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. VII Международной научно-практической конференции,

посвященной 170-летию В.Г. Шухова. Том 1. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 240-245.

8. Черенков, А. Ю. Обследование технического состояния строительных конструкций на протяжении жизненного цикла здания / А. Ю. Черенков, Л. А. Сулейманова // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова. Том 1. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 250-255.

9. Сулейманова, Л. А. Управление данными BIM-модели при оценке устойчивости жизненного цикла зданий / Л. А. Сулейманова, И. С. Рябчевский // Университетская наука. – 2023. – № 1(15). – С. 117-119.

10. Сулейманова, Л. А. Прогнозирование энергопотребления здания на основе нейронных сетей / Л. А. Сулейманова, А. А. Х. Обайди // Университетская наука. – 2023. – № 2(16). – С. 65-67.

11. Сулейманова, Л. А. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами / Л. А. Сулейманова, П. В. Сапожников, А. Н. Кривчиков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2022. – № 4. – С. 12-24.

12. Ковалев, В. В. К вопросу применения технологии информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла зданий и сооружений / В. В. Ковалев // Актуальные проблемы военно-научных исследований. – 2022. – № S2(22). – С. 202-207.

13. Гуринов, А. И. Управление жизненным циклом здания на основе информационного моделирования и задачи подготовки кадров / А. И. Гуринов // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 5(52). – С. 264-272.

14. Чегодаева, М.А. Функциональность информационной модели на этапах проектирования, строительства и эксплуатации здания / М.А. Чегодаева // Молодой ученый. - 2016. - № 25 (129). - С. 102-105.

15. Методика определения аварийности строений разработана институтом МосжилНИИпроект в соответствии с постановлением Правительства Москвы от 23 августа 1997 года N 643 по договору с Управлением городского заказа. 1999.

16. Фахрутдинов, А. Ю. Современные проблемы стандартизации в «ТИМ» и их возможные решения / А. Ю. Фахрутдинов, Л. В. Фетисов // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и использования: Материалы международной научно-практической конференции. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2025. – С. 652-655.

17. Гинзбург, А. В. Формирование информационной модели эксплуатации объекта на стадии проектирования / А. В. Гинзбург, Д. П. Ражева // Недвижимость: экономика, управление. – 2018. – № 4. – С. 58-62.

18. Шапиро, С. Р. Целесообразность использования цифровых технологий в строительстве / С. Р. Шапиро, В. З. Абдрахимов // Проблемы совершенствования организации производства и управления промышленными предприятиями: Межвузовский сборник научных трудов. – 2021. – № 1. – С. 260-266.

Караник Е.К., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Бовтеев С.В.**

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

СИСТЕМА КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВОМ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Современное высотное строительство характеризуется высокой степенью технологической и организационной сложности. Возведение зданий с большим количеством этажей требует не только применения инновационных строительных технологий, но и эффективного управления процессами, от которых напрямую зависят сроки, стоимость и качество выполнения работ. Одним из ключевых элементов системы управления строительством выступает календарное планирование, обеспечивающее логическую последовательность, взаимосвязь и синхронизацию всех этапов производственного цикла [1].

Система календарного планирования представляет собой основу организационного управления строительством, поскольку она обеспечивает формирование временных ориентиров, распределение ресурсов и контроль исполнения задач в соответствии с проектными требованиями. При строительстве высотных зданий, где число участников, операций и зависимостей значительно превышает аналогичные показатели в объектах высотой до 75 м, значение календарного планирования возрастает многократно [2]. В этом контексте календарный план становится не просто инструментом контроля, а динамической моделью,

отражающей реальное состояние и прогноз развития строительного процесса.

На практике эффективность реализации проекта определяется способностью управленческой системы своевременно реагировать на изменения внешних и внутренних условий. Для этого необходимо использование адаптивных методов планирования, позволяющих корректировать график в реальном времени, учитывать риски сбоев поставок, отклонения по трудовым и материальным ресурсам, а также технологические ограничения. Таким образом, календарное планирование приобретает свойства активного организационного инструмента, способного не только фиксировать ход строительства, но и управлять им [3].

В условиях цифровизации строительной отрасли развитие систем календарного планирования связано с интеграцией программных комплексов управления проектами, систем диспетчеризации и мониторинга производственных процессов. Однако, как показывает практика, использование стандартных инструментов планирования не всегда обеспечивает необходимую степень адаптивности и точности, особенно при реализации высотных объектов. Это обуславливает необходимость совершенствования методов календарного моделирования, направленных на оптимизацию технологических процессов, сокращение продолжительности строительства и минимизацию организационных рисков [4].

Система календарного планирования в строительстве является ключевым элементом организационного управления, обеспечивающим рациональное распределение ресурсов, контроль сроков и согласование производственных процессов. Особенно значима ее роль при возведении высотных зданий, где технологическая сложность и масштаб операций требуют высокой точности в координации работ. В таких проектах календарное планирование становится инструментом, связывающим проектные, технологические и управленческие решения в единую систему управления [1].

Практика показывает, что успешная реализация высотного проекта во многом определяется качеством разработанного календарного графика. Привычные методы, основанные на линейном подходе и детерминированных сроках, постепенно уступают место более гибким моделям, которые учитывают динамику производственного процесса, наличие ресурсов и вероятностный характер внешних воздействий [2]. В

этой связи возрастает значение адаптивных систем календарного планирования, ориентированных на постоянную актуализацию данных и корректировку параметров графика в зависимости от состояния строительного производства.

Организация строительства высотных зданий предполагает одновременное выполнение большого количества взаимосвязанных процессов – монолитных, монтажных, инженерных и отделочных работ. Календарный план должен обеспечивать их согласование как во времени, так и по ресурсам. При этом наиболее критичными становятся участки, где временные и технологические зависимости между процессами имеют наибольшую плотность. Для эффективного управления этими зависимостями применяются методы сетевого и ресурсно-календарного планирования, позволяющие определять критические пути, выявлять возможные резервы времени и прогнозировать влияние задержек на общий срок строительства [3].

Среди наиболее распространенных методов календарного планирования в строительстве можно выделить: метод критического пути (Critical Path Method, CPM), метод критической цепи (Critical Chain Project Management, CCPM), а также ресурсно-ориентированные модели планирования, основанные на ограничениях по трудовым и материальным ресурсам. Применение этих методов позволяет формировать реалистичные графики, обеспечивающие сбалансированное распределение трудовых потоков и техники по объекту [4]. В высотном строительстве данный подход особенно важен, так как на разных уровнях здания выполняются различные процессы с высокой степенью технологической зависимости.

Одним из ключевых направлений совершенствования календарного планирования является внедрение адаптивных алгоритмов, основанных на принципах обратной связи. Такая система позволяет оперативно реагировать на изменения условий строительства – задержки поставок, колебания производительности, технологические сбои – и пересчитывать параметры календарного графика в реальном времени [5]. В отличие от статических графиков, адаптивные модели обеспечивают устойчивость календарного плана за счет постоянной синхронизации данных о ходе строительства и актуализации управленческих решений.

Эффективность календарного планирования во многом зависит от уровня организационной структуры, обеспечивающей его реализацию. Для высотных проектов характерна многоуровневая система управления: генеральный подрядчик, субподрядные организации, поставщики,

проектировщики и службы технического надзора. Каждое звено участвует в выполнении определенных календарных задач, и согласование между ними требует высокой степени прозрачности и точности планирования. В этом контексте система календарного планирования выполняет функцию коммуникационного инструмента, обеспечивая информационное взаимодействие между участниками проекта [6].

На практике доказано, что использование комплексных систем планирования способствует сокращению длительности строительства на 10–15 % за счет оптимизации графиков и исключения простоев [7]. Одним из примеров является применение интегрированных программных комплексов, позволяющих моделировать альтернативные сценарии реализации проекта, учитывать ресурсные ограничения и выполнять анализ рисков. Однако даже при наличии современного программного обеспечения эффективность календарного планирования во многом определяется организационной культурой компании, дисциплиной планирования и наличием квалифицированных специалистов по управлению проектами.

Практическая реализация системы календарного планирования при строительстве высотных зданий требует учета специфики технологической последовательности. Так, для монолитного каркаса важным фактором является ритмичность циклов бетонирования и подъема опалубки, тогда как для монтажных и инженерных работ – синхронизация процессов на разных этажах. Оптимизация этих процессов достигается посредством анализа временных циклов и определения минимальных возможных интервалов между операциями [8]. Использование циклических моделей позволяет повысить равномерность загрузки ресурсов и сократить продолжительность строительства без снижения качества.

Отдельное значение в системе календарного планирования имеет управление рисками. Для высотных проектов характерны такие риски, как погодные ограничения, сбои в логистике, недостаточная производительность механизмов и несогласованность действий подрядчиков. Включение оценок вероятности возникновения рисков в календарный график позволяет повысить реалистичность планирования и обеспечить готовность управленческой системы к непредвиденным обстоятельствам [9]. Таким образом, календарное планирование выполняет не только функцию контроля сроков, но и функцию управления рисками, способствуя повышению устойчивости проекта в целом.

Эффективное календарное планирование невозможно без интеграции его с системой производственного контроля. Для этого применяются методы мониторинга выполнения графика, основанные на сопоставлении плановых и фактических показателей. В случае отклонений осуществляется анализ причин и разработка корректирующих мероприятий. На практике такие инструменты, как анализ освоенного объема (Earned Value Analysis) и динамическое моделирование, позволяют оценивать текущую эффективность проекта и прогнозировать возможные отклонения на ранней стадии [10].

Важным направлением повышения эффективности календарного планирования является развитие корпоративных стандартов планирования в строительных организациях. Это включает унификацию структуры календарных графиков, разработку типовых норм продолжительности и трудоемкости, создание баз данных о выполненных проектах. Применение корпоративных стандартов позволяет обеспечить сопоставимость проектов, повысить точность расчетов и сократить время разработки календарной документации [11].

В практическом аспекте развитие системы календарного планирования должно сопровождаться внедрением организационных механизмов обратной связи. На уровне строительной площадки это выражается в регулярной актуализации данных о выполнении работ, фиксации фактических сроков, выявлении отклонений и передаче информации в управляющий центр проекта. Таким образом формируется замкнутый цикл управления, в котором календарное планирование становится не статическим документом, а живым инструментом управления производством [12].

Современная практика высотного строительства в России и за рубежом демонстрирует, что применение системного подхода к календарному планированию позволяет достигать значительных результатов. Комплексное использование методов сетевого анализа, ресурсно-ориентированного планирования и адаптивного управления обеспечивает повышение эффективности строительного процесса, снижение неопределенности и оптимизацию затрат [13].

Ключевым результатом развитой системы календарного планирования является формирование организационно-управленческой устойчивости проекта. Это означает способность системы управления сохранять эффективность даже при изменении внешних условий, технологических ограничений или ресурсных параметров. В условиях

конкурентного строительного рынка такие системы становятся важным фактором повышения экономической и технологической результативности высотных проектов [14, 15].

Результаты проведенного исследования подтверждают, что система календарного планирования является ключевым инструментом организационного управления строительством высотных зданий. Ее эффективность определяется не только точностью расчета сроков, но и способностью адаптироваться к изменяющимся условиям строительного производства. В современных условиях, характеризующихся высокой степенью технологической сложности и вариативностью факторов внешней среды, календарное планирование должно рассматриваться как активная управляющая подсистема, обеспечивающая устойчивость и согласованность процессов строительства.

Практика высотного строительства показывает, что внедрение адаптивных методов календарного планирования, ориентированных на постоянный мониторинг и актуализацию графика, позволяет снизить риски нарушения сроков, повысить эффективность использования ресурсов и обеспечить равномерную загрузку производственных мощностей. Календарный график, построенный на основе ресурсно-ориентированных и вероятностных моделей, становится инструментом прогнозирования и принятия управленческих решений, а не только средством контроля.

Важным направлением дальнейшего развития системы календарного планирования является ее интеграция с механизмами производственного и экономического управления. Это позволит формировать единую цифровую среду управления строительным проектом, где планирование, контроль, анализ и оптимизация будут объединены в непрерывный процесс. Разработка корпоративных стандартов календарного планирования, систематизация нормативных данных и внедрение процедур обратной связи на всех уровнях управления обеспечат устойчивость и эффективность реализации высотных проектов.

Таким образом, система календарного планирования, рассматриваемая как элемент организационного управления, должна развиваться в направлении адаптивности, цифровизации и интеграции с другими подсистемами управления строительством. Это обеспечит повышение конкурентоспособности строительных организаций и позволит создавать эффективные механизмы реализации сложных высотных проектов в условиях неопределенности и изменчивости внешней среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Теличенко В. И., Король Е. А., Каган П. Б. Управление программами и проектами возведения высотных зданий. – М.: Издательство АСВ, 2010. – 144 с.
2. Афанасьев В. Н. Календарное планирование строительного производства. – М.: Стройиздат, 2018. – 256 с.
3. Козлов Н. Н., Герасимов Ю. А. Организация строительства и управление проектами: учебное пособие. – М.: МГСУ, 2021. – 284 с.
4. Король Е. А. Технологическое и организационное обеспечение строительства высотных зданий. – М.: МГСУ, 2019. – 312 с.
5. Болотин С. А. Методы сетевого и календарного планирования в строительстве. – СПб.: СПбГАСУ, 2016. – 198 с.
6. Гусаков А. А., Гусакова И. Н. Управление строительным производством. – М.: Высшая школа, 2020. – 340 с.
7. Кузнецов А. Ю. Современные методы оптимизации календарного планирования строительных проектов // Вестник МГСУ. – 2021. – № 5. – С. 45–56.
8. Чернышов П. В., Анисимов О. С. Моделирование строительных процессов при возведении высотных зданий // Известия СПбГАСУ. – 2020. – № 4(80). – С. 72–81.
9. Павлов С. Г. Управление рисками в строительстве: теория и практика. – М.: АСВ, 2017. – 276 с.
10. Сорокин В. И., Колосов А. П. Анализ освоенного объема в системе управления строительными проектами // Научное обозрение. – 2019. – № 3. – С. 98–106.
11. Kerzner H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. – 13th ed. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2022. – 784 p.
12. Gould F. E., Joyce N. E. Construction Project Management. – 4th ed. – New York: Pearson, 2020. – 512 p.
13. Mubarak S. Construction Project Scheduling and Control. – 4th ed. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2022. – 624 p.
14. Eastman C. M., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. – 4th ed. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2023. – 672 p.
15. Liberatore M. J., Pollack-Johnson B. Project Management in Construction: Scheduling, Planning, and Control Methods. // Journal of Construction Engineering and Management. – 2021. – Vol. 147, No. 6. – P. 1–11.

**Красникова Е. В., студент,
Шарапов О. Н., аспирант**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ CRM-СИСТЕМЫ КАК КРАЕУГОЛЬНЫЙ КАМЕНЬ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ТАРИФИКАЦИИ В УПРАВЛЕНИИ МНОГОКВАРТИРНЫМИ ДОМАМИ

В статье проводится комплексный анализ трансформации процессов экономического обоснования тарификации в сфере управления многоквартирными домами (МКД) под влиянием внедрения современных CRM-систем. Рассматривается эволюция от традиционных, зачастую интуитивных, методов расчета к данным, управляемым точными данными. Детально исследуются функциональные модули CRM, их прямое и косвенное влияние на формирование тарифов, включая управление жизненным циклом жильца, автоматизацию сервисных заявок, интеграцию с диспетчеризацией и системами учета ресурсов. Особое внимание уделяется аналитическим и отчетным возможностям CRM, которые обеспечивают прозрачность, обоснованность и защиту устанавливаемых тарифов перед собственниками помещений и контролирующими органами. На практических примерах демонстрируется механизм расчета экономического эффекта от внедрения, а также прогнозируются дальнейшие тенденции развития CRM-систем в контексте цифровизации ЖКХ. [6]

Сфера жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) в России и странах СНГ исторически является одной из наиболее проблемных и социально-напряженных. Центральным элементом, вокруг которого выстраиваются взаимоотношения между управляющими компаниями (УК) и собственниками помещений в многоквартирных домах, является вопрос тарификации - обоснованности и прозрачности формирования платы за жилищные и коммунальные услуги. [1]

Традиционная модель тарификации зачастую характеризуется следующими системными проблемами:

- низкая прозрачность: собственники не понимают, из чего складывается итоговая сумма в квитанции. Расчеты ведутся по сложным, неочевидным формулам, а детальная расшифровка затрат либо отсутствует, либо представлена в формализованном, трудночитаемом виде;

– «Реактивный» подход к обоснованию: УК вынуждена оправдывать уже утвержденные и примененные тарифы в момент возникновения конфликта или по запросу проверяющих органов, а не proactively (упреждающе) демонстрировать их обоснованность на этапе формирования;

– разрозненность данных: информация о начислениях, платежах, заявках на ремонт, показаниях приборов учета, договорах с подрядчиками и поставщиками ресурсов хранится в разных, не связанных между собой системах (Excel-таблицы, бухгалтерские программы, бумажные журналы). Это приводит к ошибкам, несвоевременному обновлению данных и невозможности провести комплексный анализ затрат;

– субъективизм в планировании: планы по ремонту и содержанию общего имущества (ПСР и ПСОД) часто формируются на основе усредненных нормативов или интуиции управляющего персонала, без привязки к реальному техническому состоянию конкретного дома и истории его обслуживания.

Следствием этих проблем является хронический кризис доверия, массовые жалобы, судебные разбирательства и низкая собираемость платежей, что, в свою очередь, создает порочный круг: недостаток финансирования → снижение качества услуг → рост недовольства → дальнейшее падение собираемости. [3, 4]

Выходом из этой ситуации является цифровая трансформация УК, и одним из ключевых ее инструментов выступают современные CRM-системы (Customer Relationship Management - управление взаимоотношениями с клиентами). Если изначально CRM разрабатывались для сферы продаж, то их адаптация для ЖКХ кардинально меняет парадигму управления, превращая УК из реактивной бюрократической структуры в клиентоориентированную, data-driven организацию. В контексте тарификации CRM становится не просто инструментом учета, а центральной нервной системой, аккумулирующей данные для безупречного экономического обоснования каждого пункта расходов.

Прежде чем перейти к механизмам влияния на тарификацию, необходимо определить, что представляет собой современная CRM в приложении к сфере ЖКХ (табл. 1). [2, 8-10]

Экономическое обоснование тарифа на содержание и текущий ремонт общего имущества (СТОИ) – это, по сути, детализированный план предстоящих расходов УК, разделенный на каждого собственника пропорционально его доле. Рассмотрим, как CRM помогает обосновать каждую статью этого плана.

Таблица 1

Современная CRM в приложении к сфере ЖКХ

Эволюция CRM для УК	CRM 1.0 - База данных жильцов
	CRM 2.0 - Система обработки заявок
Ключевые модули современной CRM для ЖКХ, релевантные для тарификации	CRM 3.0 - Интегрированная платформа управления (современный подход). CRM становится единой средой, объединяющей все бизнес-процессы УК: управление взаимоотношениями с клиентами (собственниками). управление активами (МКД, общее имущество). операционный менеджмент (диспетчеризация, работа с подрядчиками). финансовый анализ и планирование (бюджетирование, тарификация).
	База данных объектов (МКД) и собственников: не просто список, а структурированная картотека с полной информацией: технические характеристики дома (площадь, этажность, материалы), состав общего имущества (подъезды, крыша, подвал, лифты), персональные лицевые счета, доля в праве общей собственности.
	Модуль диспетчеризации и сервисного обслуживания: учет всех заявок от жильцов, их категоризация, назначение исполнителей (собственных сотрудников или подрядчиков), контроль сроков и качества выполнения.
	Документооборот и управление договорами: хранение договоров с ресурсоснабжающими организациями (PCO), подрядчиками на обслуживание и ремонт, протоколов общих собраний собственников (ОСС), актов выполненных работ.
	Финансовый модуль: интеграция или взаимодействие с бухгалтерскими программами для учета начислений, платежей, задолженностей. Калькуляция предстоящих платежей.
	Аналитика и отчетность: мощный инструмент для построения дашбордов, сводных отчетов и аналитических выборок по всем данным, накопленным в системе. Каналы коммуникации: интеграция с телефонией, email, мессенджерами, личными кабинетами собственников. Фиксация всех взаимодействий.

Прямое влияние CRM на экономическое обоснование тарифов по статьям расходов:

1. *Статья: «Техническое обслуживание внутридомовых инженерных систем».*

Без CRM: Планирование основано на нормативах и усредненных данных. Затраты на внеплановые ремонты сложно прогнозировать.

С CRM: Система аккумулирует полную историю всех заявок, связанных с инженерными системами (протечки, засоры, поломки).

Анализ частоты отказов: CRM позволяет сгенерировать отчет: «Количество заявок по типу "электропроводка" по дому №X за последние 24 месяца». Рост числа таких заявок является прямым

экономическим обоснованием для включения в тариф затрат на комплексную диагностику и замену участков проводки.

Калькуляция трудозатрат: На основе времени, затраченного сотрудниками на устранение однотипных неисправностей (фиксируется в CRM при закрытии заявки), можно точно рассчитать необходимый фонд оплаты труда (ФОТ) для аварийной службы на следующий год.

Обоснование договоров с подрядчиками: Если статистика CRM показывает, что 40% всех заявок связано с системой водоснабжения, это является веским аргументом для заключения договора на ее абонентское обслуживание с сторонней организацией. Стоимость этого договора прямо ляжет в тариф.

Пример: УК планирует включить в тариф 120 000 руб. на обслуживание системы отопления. В ответ на запрос собственников CRM формирует отчет: «За год зафиксировано 57 заявок по отоплению, среднее время устранения – 2,5 часа. При часовой ставке слесаря 500 руб./час, прогнозируемые трудозатраты составляют $57 \times 2,5 \times 500 = 71\,250$ руб. Оставшиеся 48 750 руб. – это стоимость запчастей (на основе анализа израсходованных материалов за прошлый период) и резерв на внеплановый сложный ремонт». Такой подход не оставляет пространства для споров [5, 7].

2. Статья: «Содержание придомовой территории».

Без CRM: Расчет основан на площади территории и усредненных расценках на уборку, вывоз снега, озеленение.

С CRM: Система учитывает не только площадь, но и специфику, выявленную через обращения жильцов.

Геопривязка проблем: Если модуль диспетчеризации поддерживает геопривязку заявок, можно выявить, что 80% жалоб на несвоевременную уборку мусора поступают из одного конкретного контейнерного узла. Это обосновывает затраты на его реконструкцию или увеличение частоты вывоза ТКО именно для этой точки.

Учет сезонности: Анализ пиков обращений по уборке снега (декабрь-февраль) позволяет точно спланировать бюджет на зимнее содержание: необходимость в дополнительной технике, график работы дворников, закупка противогололедных материалов.

3. *Статья: «Текущий ремонт общего имущества»* – это самая капиталоемкая и сложная для обоснования статья. CRM здесь играет решающую роль.

Управление жизненным циклом компонентов МКД: В карточку каждого дома в CRM заносится информация о сроке службы основных элементов: кровля (15-30 лет), лифт (20-25 лет), фасад (25-50 лет).

Система может автоматически генерировать уведомления о приближении конца срока службы актива.

Приоритизация ремонта на основе данных: Вместо субъективного решения «что ремонтировать в первую очередь», УК использует объективные данные CRM:

Отчет №1: «Дома с наибольшим количеством заявок на протечки крыши».

Отчет №2: «Дома, где не проводился капитальный ремонт фасада более 30 лет».

Отчет №3: «Рейтинг подъездов по количеству заявок на ремонт входных дверей и межэтажных окон».

Совместив эти отчеты, УК формирует План текущего ремонта (ПСР), который абсолютно прозрачен и обоснован. Для собственников дома №15, чья крыша вышла на первое место в «рейтинге протечек», предложение включить в тариф расходы на ее ремонт будет выглядеть логичным и справедливым.

4. Статья: «Расходы на управление» (ФОТ АУП, офис, софт).

Без CRM: Собственники часто скептически относятся к этой статье, считая ее «накруткой».

С CRM: Система позволяет продемонстрировать прямую связь между затратами на управление и качеством предоставляемых услуг.

Обоснование численности персонала: Отчет «Нагрузка на диспетчера (количество обработанных заявок в день)» показывает, что при превышении порога в 50 заявок на человека качество обслуживания падает. Это является железным аргументом для введения в штат второй единицы диспетчера при росте количества домов.

Стоимость самой CRM: Затраты на лицензии, обновления и сопровождение CRM-системы прямо включаются в тариф. Но одновременно с этим УК может продемонстрировать, что внедрение CRM позволило сократить непроизводительные трудозатраты (например, на поиск информации), что привело к экономии ФОТ, которая перекрывает стоимость системы. Рассчитывается Return on Investment (ROI).

Помимо прямого планирования, CRM влияет на тарификацию через оптимизацию процессов, что ведет к снижению издержек и, как следствие, позволяет удерживать тарифы на минимально возможном уровне без потери качества. [12]

Высокая задолженность собственников вынуждает УК брать кредиты или работать в условиях кассового разрыва, что увеличивает финансовые расходы (проценты по кредитам), которые в конечном счете закладываются в тарифы.

Инструменты CRM:

- автоматические напоминания: рассылка SMS и email о приближении срока платежа и просрочке;
- сегментация должников: CRM позволяет выделять группы: «злостные неплательщики», «временно попавшие в трудную ситуацию», «забывчивые». Для каждой группы применяется своя, более эффективная и менее затратная стратегия взаимодействия (смс-напоминания, телефонные звонки, претензионная работа);
- интеграция с личными кабинетами: упрощение процедуры оплаты напрямую снижает количество «случайных» должников;
- снижая задолженность, УК сокращает финансовые потери и может предложить более низкий тариф.

Значительная часть расходов УК - это оплата услуг подрядных организаций. CRM позволяет управлять этими затратами [11].

По окончании каждой работы по заявке жилец ставит оценку. CRM формирует рейтинг надежности и качества подрядчиков. УК получает рычаг для переговоров по цене с ненадежными партнерами и аргумент для отказа от их услуг в пользу более эффективных, даже если их расценки чуть выше. В долгосрочной перспективе это снижает количество переделок и непредвиденных расходов. Все акты выполненных работ и сопутствующие сметы хранятся в CRM. При планировании ремонта на следующий год можно быстро проанализировать среднерыночные цены, избегая завышенных затрат.

Прогнозная аналитика, основанная на данных CRM, позволяет выявлять тенденции, ведущие к крупным авариям.

Анализ заявок показывает постепенный рост мелких сбоев в работе лифта в определенной группе домов. Это сигнал к проведению внепланового технического осмотра. Затраты на осмотр и упреждающий мелкий ремонт, включенные в тариф, в десятки раз меньше, чем затраты на ликвидацию последствий полного выхода лифта из строя, которые пришлось бы экстренно закладывать в тариф следующего года или выносить на внеочередное ОСС.

Экономическое обоснование - это не только внутренний расчет, но и искусство донести его до конечного потребителя-собственника. CRM является мощным инструментом и в этой области.

Вместо общих объявлений в подъезде, CRM позволяет направлять точечные информационные сообщения. Сценарий: Собственнику квартиры №10 в доме №5 приходит push-уведомление в личный кабинет или email: «Уважаемый Иван Иванович! В тариф на содержание вашего дома на 2024 год планируется включить расходы на ремонт подъездных дверей в размере 1500 руб. с вашей квартиры. Это

обосновано 22 заявками от жильцов вашего подъезда за последний год на неисправность замков и доводчиков. С подробным отчетом по заявкам вы можете ознакомиться по ссылке...». Такой подход снимает 90% вопросов.

Интеграция CRM с порталом для собственников создает беспрецедентный уровень открытости.

В личном кабинете собственник видит не только сумму к оплате, но и детальную расшифровку:

- история всех его обращений: какая заявка, когда была подана, как быстро и кем исполнена;
- статус текущих работ: что сейчас ремонтируется в его доме и на какой стадии находятся работы;
- интерактивный ПСР: Визуализированный план предстоящих работ с прикрепленными сметами и обоснованиями;
- протоколы ОСС: Все решения, на основании которых формируется тариф.

Подготовка документов для общего собрания собственников - трудоемкий процесс. CRM автоматически генерирует всю необходимую документацию:

- проект договора управления с актуальными тарифами;
- отчет о выполнении предыдущего ПСР и ПСОД с привязкой к заявкам и актам;
- предлагаемый ПСР и ПСОД на следующий год, снабженный всеми вышеперечисленными аналитическими выкладками.

Это не только экономит время сотрудников УК, но и гарантирует, что в документах не будет арифметических и фактологических ошибок, которые могли бы стать основанием для оспаривания решений ОСС. [7]

Практический кейс: расчет экономического эффекта от внедрения CRM в контексте тарификации.

Рассмотрим пример, который емко покажет экономический эффект от внедрения CRM- системы.

Исходные данные:

Управляющая компания «ЖилФонд» управляет 100 МКД (10 000 квартир). Годовая сумма начислений по статье «Содержание и ремонт» – 300 млн руб. Уровень дебиторской задолженности – 8 %. Ежегодно заключается ~500 договоров с подрядчиками на общую сумму 150 млн руб.

Внедряется CRM-система (например, на базе Odoo или 1С: Управление многоквартирными домами) стоимостью 2,5 млн руб. (внедрение + годовая поддержка).

Расчет эффекта за первый год:

Снижение дебиторской задолженности на 2 % (с 8 до 6 %):

Экономия = 300 млн руб. \times 2 % = 6 млн руб.

Комментарий: За счет автоматических напоминаний и точечной работы с должниками сокращаются кассовые разрывы, отпадает необходимость в краткосрочных кредитах.

Оптимизация расходов на подрядчиков на 3 % за счет рейтингования и конкурсного отбора

Экономия = 150 млн руб. \times 3 % = 4,5 млн руб.

Комментарий: УК отказывается от неэффективных подрядчиков, договаривается о скидках с лучшими, снижает количество переделок.

Снижение трудозатрат АУП на 10 % за счет автоматизации отчетности и поиска информации:

Условное высвобождение 1,5 штатных единиц с ФОТ 1,2 млн руб./год.

Экономия = 1,2 млн руб.

Комментарий: Сотрудники тратят меньше времени на рутину, больше – на аналитику и работу с жильцами.

Снижение количества аварийных ситуаций (предотвращение 1-2 крупных ремонтов):

Прогнозируемая экономия = 1,0 млн руб.

Комментарий: Упреждающий ремонт, выявленной по растущему числу заявок, предотвращает их негативные последствия.

Итого годовая экономия/эффект: 6 + 4,5 + 1,2 + 1,0 = 12,7 млн руб.

Стоимость CRM: 2,5 млн руб.

ROI за первый год: $(12,7 - 2,5) / 2,5 \times 100 \% = 408 \%$.

Вывод по кейсу: таким образом, внедрение CRM не только окупается, но и приносит многомиллионный экономический эффект.

Этот эффект позволяет УК:

Либо сохранить тарифы на прежнем уровне, повысив свою маржинальность и инвестируя в дальнейшее развитие.

Либо предложить собственникам снижение тарифа (например, на 2-3 %), что является мощным конкурентным преимуществом и повышает лояльность, одновременно демонстрируя прозрачность и эффективность управления.

Не всякая CRM подойдет для решения описанных задач. При выборе системы УК должна ориентироваться на следующие критерии:

Гибкость и настраиваемость: Система должна позволять создавать собственные справочники (типы заявок, виды работ, компоненты МКД) и конструировать уникальные отчеты без программирования.

Глубокая аналитика и визуализация: Наличие модуля BI (Business Intelligence) с возможностью построения дашбордов в реальном времени - ключевое требование [8].

Интеграционная способность: API системы должно позволять легко соединяться с бухгалтерскими программами, системами ГИС ЖКХ, порталами госуслуг, онлайн-кассами и личными кабинетами собственников.

Мобильность: Приложение для сотрудников (техников, дворников, диспетчеров) для работы в режиме реального времени - обязательное условие для сбора актуальных данных.

Соответствие законодательству: Система должна учитывать требования 209-ФЗ, Постановления № 290 (о минимальном перечне услуг), Правил № 491 и т.д., автоматизируя подготовку обязательной отчетности.

Модель лицензирования (SaaS vs On-Premise): Облачные SaaS-решения (как Битрикс24, отчасти) предпочтительнее для средних УК, так как не требуют затрат на собственный IT-персонал и серверы. Крупные УК могут рассмотреть On-Premise решения (на своих серверах) для полного контроля над данными.

Современная CRM-система перестала быть опциональным «программным довеском» для УК. В условиях растущих требований к прозрачности, обострения конкуренции и необходимости цифровизации она превратилась в стратегический актив, напрямую влияющий на финансовую устойчивость и репутацию компании.

В контексте экономического обоснования тарификации CRM выполняет триединую задачу:

Инструмент точного планирования: переводит процесс формирования тарифов из области предположений и нормативов в область, основанную на реальных, оцифрованных данных о состоянии активов и истории их эксплуатации.

Инструмент операционной эффективности: позволяет выявлять и устранять узкие места, оптимизировать расходы, снижать долю необоснованных и непредвиденных затрат, что в конечном счете ведет к снижению давления на тариф.

Инструмент доверия и коммуникации: обеспечивает беспрецедентный уровень прозрачности для собственников, превращая их из оппонентов в партнеров, понимающих логику управленческих решений и видящих, за что они платят [10].

Внедрение CRM – это не IT-проект, а проект по изменению бизнес-модели УК. Это инвестиция, которая окупается не только в деньгах, но и в снижении репутационных рисков, повышении лояльности жильцов и создании фундамента для устойчивого развития в долгосрочной перспективе. УК, которые осознали эту трансформацию и сделали CRM

краеугольным камнем своей деятельности, уже сегодня формируют новый, цифровой и клиентоориентированный стандарт рынка управления недвижимостью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жилищный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 188-ФЗ (ред. от 01.07.2024). – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51057/ (дата обращения: 15.08.2024).

2. Постановление Правительства РФ от 03.04.2013 N 290 (ред. от 30.12.2022) "О минимальном перечне услуг и работ, необходимых для обеспечения надлежащего содержания общего имущества в многоквартирном доме, и порядке их оказания и выполнения". – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144268/ (дата обращения: 15.08.2024).

3. Постановление Правительства РФ от 13.08.2006 N 491 (ред. от 24.12.2021) "Об утверждении Правил содержания общего имущества в многоквартирном доме и правил изменения размера платы за содержание жилого помещения в случае оказания услуг и выполнения работ по управлению, содержанию и ремонту общего имущества в многоквартирном доме ненадлежащего качества и (или) с перерывами, превышающими установленную продолжительность". – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_62277/ (дата обращения: 15.08.2024).

4. Аширов Д. А. Управление многоквартирными домами: цифровая трансформация. – М.: Издательские решения, 2022. – 234 с.

5. Григорьев А. В., Степанов И. К. Экономика и управление в жилищно-коммунальном хозяйстве: учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2021. – 489 с.

6. Калинин Н. Н. CRM-системы: управление взаимоотношениями с клиентами. – СПб.: Питер, 2020. – 320 с.

7. Сулейманова, Л. А. Интеграция результатов неразрушающего контроля в информационно-иерархическую модель городского пространства при управлении жизненным циклом объектов строительства / Л. А. Сулейманова, А. Ю. Черенков, О. Н. Шарапов [и др.] // Вестник Евразийской науки. - 2025. - Т 17. - № 4. - URL: <https://esj.today/PDF/26SAVN425.pdf> (дата обращения: 17.11.2025).

8. Сулейманова, Л. А. Оптимизация энергосбережения при управлении жизненным циклом объектов строительства на этапе проектирования / Л. А. Сулейманова, А. А. Х. Обайди, О. Н. Шарапов [и др.] // Вестник Евразийской науки. - 2024. - Т 16. - № 5. - URL: <https://esj.today/PDF/65SAVN524.pdf> (дата обращения: 17.11.2025).

9. Шарапов О.Н., Марушко М.В., Зюбанов А.В. К вопросу об интегрируемых интеллектуальных системах зданий / В сборнике: Наука

и инновации в строительстве. Сборник докладов IX Международной научно-практической конференции. Белгород, 2025. С. 182-187.

10. Шарапов О.Н., Марушко М.В., Зюбанов А.В. Исследования передовых и инновационных технологий интеллектуализации зданий / В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов IX Международной научно-практической конференции. Белгород, 2025. С. 187-191.

11. Васильев Е. Л. Влияние CRM-технологий на повышение прозрачности деятельности управляющих организаций ЖКХ // «Жилищное и коммунальное хозяйство: экономика, управление, право». – 2023. – № 2. – С. 45-52.

12. Козлова И. А. Методы экономического обоснования тарифов на содержание жилья с применением Big Data // «Имущественные отношения в Российской Федерации». – 2022. – № 5 (248). – С. 78-89.

Малюк Е.В., студент

**Научный руководитель: канд. экон. наук
Иванова Н.М.**

*Сибирский государственный университет
путей сообщения, г. Новосибирск, Россия*

СТРАХОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ РИСКОВ С УЧЕТОМ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Страхование строительно-монтажных рисков (СМР) – это комплексная защита имущественных интересов участников строительного проекта. Его ключевая экономическая роль состоит не только в возмещении непредвиденных убытков, но и в замене создания крупных резервных фондов.

Строительство – это динамичный процесс, где риски видоизменяются на каждой стадии. Страхование, учитывающее полный жизненный цикл объекта, представляет собой систему непрерывного управления угрозами: от их выявления и оценки до минимизации и передачи страховщику. Такой подход позволяет гибко адаптировать страховое покрытие под меняющиеся нужды проекта, что снижает общие затраты на страховую защиту и исключает периоды отсутствия покрытия.

Правовой основой для внедрения такого комплексного подхода служат нормы гражданского законодательства. Ключевые нормы, регулирующие распределение рисков в строительстве, содержатся в Гражданском кодексе РФ (глава 37). Он устанавливает базовые

принципы распределения строительных рисков. Согласно статье 741, подрядчик несет ответственность за сохранность объекта до момента его приемки заказчиком. Статья 742 предусматривает возможность закрепления в договоре подряда обязанности по страхованию соответствующих рисков за той стороной, на которую они возложены, создавая гибкий правовой механизм определения ответственного за страхование [1].

Установленные законом и договором рамки непосредственно определяют круг участников страховых отношений. Такой круг участников договора включает в себя:

1. Страхователей – в их качестве могут выступать подрядчики (генеральные и субподрядчики), заказчики-застройщики или инвесторы, имеющие имущественный интерес в сохранности объекта. Предпринимательские риски подлежат страхованию исключительно в пользу самого страхователя.

2. Страховщиков – лицензированные страховые организации, имеющие разрешение на осуществление добровольного имущественного страхования и страхования гражданской ответственности [2].

В российской практике страхование строительно-монтажных рисков носит преимущественно добровольный характер, за исключением специально установленных законодательством случаев (например, работы на опасных производственных объектах). Вместе с тем, обязанность страхования часто внедряется в условия строительных контрактов и конкурсной документации, особенно в сфере государственных закупок.

Вне зависимости от того, является ли страхование добровольным или обязательным, ключом к его эффективности служит точная идентификация рисков. Эффективная организация страховой защиты требует системного понимания специфики рисков на различных стадиях реализации проекта.

1. Прединвестиционная и проектная стадия.

На начальном этапе преобладают риски, связанные с некорректностью проектных решений и недостоверностью исходных данных. Последствия таких просчетов способны оказать негативное воздействие на все последующие этапы реализации проекта. Для их минимизации применяется страхование профессиональной ответственности разработчиков проектной документации.

2. Стадия строительно-монтажных работ.

Данный период характеризуется максимальной концентрацией и разнообразием страхуемых рисков, требующих комплексного страхового покрытия.

3. Стадия испытаний и гарантийной эксплуатации

После завершения основных строительных процессов значимыми становятся:

Риски повреждения объектов в процессе проведения испытательных мероприятий

Обязательства по гарантийным случаям, связанные с выявлением скрытых дефектов, возникших в ходе строительства, но проявившихся в течение установленного гарантийного срока [3].

Для минимизации финансовых потерь от перечисленных рисков на каждой стадии, включая гарантийную, разработаны специализированные страховые продукты.

Наиболее полной формой защиты является страхование «Все риски», объединяющее в одном полисе три основных компонента:

1. Имущественную защиту строительных объектов, материалов и оборудования

2. Страхование гражданской ответственности перед третьими лицами

3. Покрытие сопутствующих расходов (ликвидация последствий, экспертные услуги)

Интегрированный подход к риск-менеджменту.

Современная страховая практика включает проактивное управление рисками через:

- системную идентификацию и оценку потенциальных угроз;

- разработку стратегий минимизации и передачи рисков;

- непрерывный мониторинг и планирование мероприятий по снижению убытков.

Страховщики предоставляют консультации по предупредительным мерам, что учитывается при расчете страховых тарифов.

Эта взаимосвязь между риск-менеджментом и стоимостью страхования является центральным элементом финансово-организационных основ процесса [4].

Страховая стоимость объекта определяется на основании сметной стоимости строительства. Величина страховой премии рассчитывается с учетом примененной тарифной ставки. На тарифную политику влияют технические параметры объекта, используемые материалы, геологические условия, уровень квалификации подрядчика и исторические данные по убыточности.

Рассчитанные на основе этой оценки стоимость и тариф становятся ключевыми условиями будущего страхового полиса. Процедура заключения страхового договора включает последовательные этапы:

1. Формирование пакета документации (договор подряда, проектно-сметные материалы, календарный план, результаты инженерных изысканий)

2. Проведение страховой экспертизы для оценки рисков и расчета адекватной премии

3. Согласование существенных условий договора: перечня страховых случаев, лимитов ответственности, размера франшизы и срока действия страховой защиты [5].

Страхование строительных рисков в разрезе полного жизненного цикла проекта формирует адаптивную систему защиты, трансформирующуюся в соответствии с особенностями каждой стадии. На начальных этапах центральное значение приобретает страхование профессиональной ответственности разработчиков технической документации. В период строительно-монтажных работ доминирующую роль играет комплексное страховое покрытие «Все риски», обеспечивающее защиту имущественных интересов и гражданской ответственности. На завершающей стадии (пусконаладочные работы и гарантийная эксплуатация) актуальной становится специализированная защита от рисков, связанных с испытаниями и скрытыми дефектами.

Экономическая обоснованность страховой защиты определяется точным расчетом страховой суммы, базирующимся на сметных показателях, и дифференцированной тарификацией, учитывающей технологические и отраслевые спецификации проекта. Внедрение динамической системы риск-менеджмента, предусматривающей систематический мониторинг, оценку и контроль угроз, создает условия для оптимизации страховых премий и обеспечения непрерывности страхового покрытия рисков в строительной сфере.

Интеграция страхового механизма в систему управления строительным проектом на протяжении всего жизненного цикла формирует устойчивый финансовый инструмент защиты интересов участников инвестиционно-строительного процесса, что способствует достижению ключевых показателей проекта в установленные сроки и в рамках утвержденного бюджета.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 26.01.1996 N 14-ФЗ (ред. от 24.02.2024). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_9027/ (дата обращения: 03.11.2025).

2. Об организации страхового дела в Российской Федерации: Закон РФ от 27.11.1992 N 4015-1 (ред. от 04.11.2022). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_1405/ (дата обращения: 03.11.2025).

3. Страхование и управление рисками: учебник для вузов / под редакцией Г. В. Черновой. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва:

Издательство Юрайт, 2025. – 630 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-20193-2. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/560277> (дата обращения: 04.11.2025).

4. Вяткин, В. Н. Риск-менеджмент: учебник / В. Н. Вяткин, В. А. Гамза, Ф. В. Маевский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. – 365 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-9916-3502-8. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/560309> (дата обращения: 04.11.2025).

5. Страхование: учебник и практикум для вузов / под общей редакцией И. П. Хоминич. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. – 620 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-17677-3. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/568496> (дата обращения: 04.11.2025).

¹Рябчевский И.С., канд. техн. наук, ст. преп.,

¹Левшин А.М., студент,

²Погорелов М.Р., студент

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.

¹Сулейманова Л.А.

¹*Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

²*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия*

ИНТЕГРАЦИЯ BIM И IOT ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Для современной строительной отрасли наблюдается период масштабной цифровой трансформации, обусловленной необходимостью повышения эффективности, безопасности и устойчивости строительных проектов. Технологии информационного моделирования зданий (Building Information Modeling, BIM) и интернета вещей (Internet of Things, IoT) представляют собой два ключевых направления цифровизации, которые при объединении создают принципиально новые возможности для управления полным жизненным циклом строительных объектов. Интеграция BIM и IoT трансформирует статические цифровые модели в динамичные, саморегулирующиеся системы, способные осуществлять непрерывный мониторинг, диагностику и оперативное реагирование на возникающие

проблемы в режиме реального времени [1-4]. В России использование BIM-технологий значительно возросло: с июля 2024 г. все новые проекты жилищного строительства обязаны внедрять технологии информационного моделирования, а с 1 января 2025 г. данное требование распространяется на проекты долевого строительства [5].

BIM представляет собой методологию создания и управления цифровыми представлениями физических и функциональных характеристик объектов капитального строительства. В отличие от традиционного автоматизированного проектирования, где создаются лишь геометрические чертежи и текстовая документация, BIM формирует комплексную информационную модель, в которой каждый элемент обладает уникальным идентификатором и содержит полный набор параметров: геометрические характеристики, физические свойства материалов, технические спецификации, стоимость, сроки монтажа и эксплуатационные данные. Технология BIM обеспечивает единое информационное пространство для всех участников проекта – от архитекторов и инженеров до подрядчиков и эксплуатирующих организаций [1-4].

Современные BIM-системы реализуют многомерное проектирование: 3D-моделирование создает трехмерную геометрию объекта, 4D-проектирование добавляет временное измерение для детализированного планирования производства работ, 5D-проектирование интегрирует параметры стоимости для управления бюджетом проекта, а 6D-моделирование фокусируется на эксплуатационных характеристиках и устойчивом развитии. Такая многоуровневая структура данных создает фундамент для последующей интеграции с системами реального времени [6].

Внедрение BIM-технологий демонстрирует высокие результаты на различных этапах жизненного цикла объекта: на стадии проектирования BIM уменьшает количество ошибок и неточностей в документации на 61 %, в период строительства технология сокращает издержки на 36 %, снижает стоимость строительства на 30 %, ускоряет сроки реализации на 22 % и уменьшает количество юридических разбирательств на 17 %. На этапе эксплуатации BIM ускоряет обслуживание на 66 %, хотя в этой фазе около 55 % процессов остаются неэффективными из-за реактивного, а не предиктивного подхода к техническому обслуживанию [7].

Интернет вещей представляет собой инфраструктуру взаимосвязанных физических объектов, оснащенных сенсорами, программным обеспечением и сетевыми технологиями, которые обеспечивают сбор и обмен данными через интернет. В контексте строительства IoT-устройства включают широкий спектр датчиков: температурные и влажностные сенсоры для мониторинга условий

твердения бетона, акселерометры для отслеживания вибраций и деформаций конструкций, GPS-трекеры для контроля перемещения материалов и оборудования, носимые устройства для мониторинга безопасности работников, системы видеонаблюдения с функциями компьютерного зрения, а также RFID-метки (RFID (Radio Frequency Identification) – технология автоматической идентификации объектов с помощью радиоволн) для идентификации и учета строительных материалов [8].

IoT-технологии обеспечивают непрерывный сбор данных, что принципиально отличается от традиционных методов периодического ручного контроля. Датчики, интегрированные в строительные конструкции, позволяют отслеживать критически важные параметры на всех этапах реализации проекта. Согласно исследованиям, внедрение IoT в строительстве приводит к сокращению времени простоя оборудования на 25-30 %, повышению эффективности использования активов на 10-15 %, снижению количества несчастных случаев на 40 %, и уменьшению профессиональных заболеваний на 15 % [8-9].

Технология IoT трансформирует подход к управлению строительными площадками по нескольким ключевым направлениям: обеспечение безопасности через беспроводные идентификационные метки, GPS-датчики и панорамные камеры, которые отслеживают перемещения работников и обнаруживают потенциальные угрозы (утечки газа, возгорания); оптимизация ресурсов посредством контроля расхода воды, автоматической регулировки освещения и мониторинга энергопотребления; повышение скорости работ через отслеживание активности на площадках и своевременное обеспечение доступности инструментов и материалов; а также улучшение качества строительства благодаря встроенным в конструкции датчикам, контролирующим технологические процессы без привлечения сторонних специалистов [8-10].

Интеграция BIM и IoT создает мощную синергию, которая трансформирует процессы управления строительными проектами. В то время как BIM предоставляет комплексное цифровое представление физических и функциональных характеристик здания, IoT обеспечивает поток реальных данных из физической строительной среды. Объединение этих технологий формирует динамичную, насыщенную данными экосистему, которая повышает качество принятия решений и операционную эффективность на протяжении всего жизненного цикла проекта [10, 11].

Техническая архитектура интеграции BIM-IoT включает несколько ключевых компонентов. IoT-сенсоры, развернутые на строительной площадке, собирают данные по различным параметрам: экологические условия, состояние оборудования, свойства материалов

и активность работников [11]. Эти данные передаются через беспроводные сети на облачные платформы, которые обеспечивают безопасную обработку и хранение информации. Интеграционное промежуточное программное обеспечение (middleware) соединяет потоки IoT-данных с BIM-моделями, обеспечивая автоматическое обновление и синхронизацию между физическими измерениями и цифровой моделью (рис. 1). Для эффективной интеграции необходимы стандартизированные протоколы обмена данными (BACnet, KNX, Modbus), системы шифрования информации и модульные IoT-устройства [12].

Ключевым результатом интеграции становится создание цифровых двойников – точных виртуальных копий физических объектов, которые непрерывно обновляются на основе данных от датчиков и других информационных систем. Цифровой двойник отличается от статичной BIM-модели тем, что представляет собой автоматическую копию, отражающую актуальное состояние объекта в режиме реального времени благодаря постоянному потоку данных от IoT-устройств [13].



Рис. 1. Архитектура интеграции BIM и IoT для комплексного управления строительными объектами

На этапе проектирования интеграция BIM и IoT открывает новые возможности для создания энергоэффективных и безопасных зданий. BIM-модели с интегрированными IoT-сенсорами позволяют симулировать энергопотребление будущего здания с учетом реальных климатических данных, поступающих от метеорологических станций. Системы на основе искусственного интеллекта анализируют множество сценариев работы инженерных систем – отопления, вентиляции, кондиционирования, освещения – для определения оптимальных проектных решений. Такой подход позволяет на стадии проектирования достичь значительного снижения будущего энергопотребления объекта.

Планирование безопасности строительных работ существенно улучшается благодаря использованию IoT-данных в BIM-моделях.

Системы анализируют информацию о планируемых условиях строительной площадки и разрабатывают безопасные методы производства работ, учитывая потенциальные риски. Интеграция позволяет создавать цифровые карты рабочих мест в режиме реального времени, постоянно информирующие работников о потенциальных опасностях. Применение технологий предиктивной аналитики на базе искусственного интеллекта помогает прогнозировать влияние различных факторов на процесс строительства, что делает управленческие решения более рациональными и обоснованными [14-22].

В период строительства интеграция BIM и IoT обеспечивает беспрецедентный уровень контроля и управления процессами. Цифровой двойник становится интерактивной средой, в которую поступают данные со стройки – температура и влажность, степень вибрации, движение материалов, статус заливки бетона, этапы армирования и многое другое. Этот подход позволяет сопоставлять проектные данные с фактическими показателями, выявлять отклонения и устранять ошибки на самых ранних стадиях.

Управление сроками и логистикой значительно оптимизируется благодаря цифровому двойнику, который наглядно показывает, что и когда должно быть построено. Фактические данные от сенсоров и строителей сравниваются с календарным планом, что помогает мгновенно выявлять отставания или пересечения работ. Мобильные приложения и системы контроля, интегрированные с BIM, позволяют проверять соответствие работ модели, осуществлять фотофиксацию этапов строительства и вести автоматическую отчетность. Это особенно эффективно на объектах в отдаленных регионах, где руководители проекта не могут присутствовать ежедневно.

Безопасность труда на строительных площадках принципиально улучшается при внедрении интегрированных систем. Носимые устройства – каски с датчиками фиксации падения или удара, жилеты, отслеживающие пульс и температуру тела работников, геозоны, блокирующие вход неподготовленных людей на опасные участки, и GPS-системы для быстрого обнаружения человека при чрезвычайной ситуации – все это интегрируется с BIM-моделью для создания комплексной системы безопасности. Согласно статистике, использование носимых систем мониторинга безопасности работников коррелирует с 40 %-м сокращением несчастных случаев и травм на строительных площадках.

После завершения строительства и ввода объекта в эксплуатацию интеграция BIM и IoT открывает наиболее значительные возможности для оптимизации управления зданиями. Цифровой двойник, созданный на базе BIM-модели и синхронизированный с реальным зданием через IoT-датчики, позволяет отслеживать фактическое состояние всех

систем, прогнозировать износ инженерного оборудования, моделировать аварийные ситуации и вести эксплуатацию в режиме реального времени [11-13, 23-26].

Предиктивное техническое обслуживание становится возможным благодаря алгоритмам машинного обучения, которые анализируют данные от сенсоров, встроенных в инженерные системы здания. IoT-датчики непрерывно мониторят показатели производительности оборудования – систем отопления, вентиляции и кондиционирования, лифтов, насосов, отслеживая температуру, вибрацию и энергопотребление. При обнаружении аномалий AI-модели предсказывают потенциальные отказы оборудования до их фактического возникновения. Этот проактивный подход позволяет эффективно планировать техническое обслуживание, предотвращая дорогостоящие поломки и минимизируя время простоя [25]. Исследования показывают, что предиктивное обслуживание с использованием сенсорных данных сокращает время простоя оборудования на 25-30 % и повышает эффективность использования активов на 10-15 % [25-28].

Энергоэффективность и устойчивое развитие достигаются через интеллектуальное управление потреблением ресурсов. «Умные» здания используют сенсоры для определения незанятых помещений и автоматически снижают освещение или использование HVAC-систем, что значительно сокращает энергетические затраты. Системы на основе искусственного интеллекта создают паттерны «нормального поведения» объекта, включая модели высокоэффективного энергопотребления. Если параметры отклоняются от оптимальных значений, система автоматически корректирует работу инженерных систем или оповещает операторов о необходимости вмешательства. IoT-датчики превращают здания в адаптирующуюся среду, реагирующую на поведение людей: собранные данные, поступают в BIM-модель в режиме реального времени, помогая оптимизировать системы отопления, вентиляции, освещения [27, 28].

Управление комфортом и качеством внутренней среды осуществляется через автоматические системы климат-контроля, которые адаптируются на основе данных о количестве людей, внешних погодных условиях и качестве воздуха. Интеграция BIM с системами управления зданиями (BMS) позволяет оптимизировать энергопотребление, освещение и климат-контроль, создавая более комфортные и энергоэффективные условия для пользователей. Менеджеры могут просматривать данные здания и получать предупреждения через панель управления цифровым двойником, что делает их работу более эффективной.

Реальные примеры демонстрируют трансформационный потенциал технологии. Здание The Edge в Амстердаме, признанное самым экологичным офисным зданием в мире, использует BIM и 28 000 сенсоров для мониторинга освещения, энергопотребления, занятости помещений и других параметров. Система даже направляет сотрудников к доступным рабочим местам с предпочтительными уровнями освещения. В более крупном масштабе Дубай через программу Smart Dubai внедряет городские цифровые двойники для управления городской инфраструктурой [25-28].

Одним из наиболее значительных барьеров для широкого внедрения интегрированных BIM-IoT систем являются проблемы интероперабельности и отсутствие единых стандартов обмена данными. BIM-платформы и IoT-устройства часто разработаны различными производителями и используют несовместимые форматы данных и протоколы коммуникации. Эта фрагментация создает «информационные силосы» – изолированные массивы данных, которые не могут эффективно обмениваться информацией между системами [29].

Решение проблемы совместимости требует разработки и внедрения стандартизированных протоколов интеграции. На уровне промышленных систем автоматизации зданий используются открытые протоколы связи: BACnet для систем автоматизации зданий, KNX для проводных систем «умного дома», Modbus для промышленных контроллеров, а также протоколы на основе IP-сетей. Для интеграции BIM-данных с IoT-устройствами применяются различные методологические подходы: использование API BIM-инструментов и реляционных баз данных, трансформация BIM-данных в реляционные базы с использованием новых схем данных, создание новых языков запросов, применение технологий семантического веба, а также гибридные подходы. Исследователи предлагают архитектуры, основанные на сервис-ориентированном подходе и веб-сервисах для BIM-IoT интеграции [29-31].

Масштабное развертывание IoT-сенсоров и непрерывная передача данных в облачные системы создают серьезные риски кибербезопасности. Строительные объекты, оснащенные множеством взаимосвязанных устройств, становятся потенциальными целями для кибератак, которые могут привести к несанкционированному доступу к данным, нарушению работы критически важных систем или утечке конфиденциальной информации. Особенно острой является проблема защиты персональных данных работников, собираемых через носимые устройства мониторинга [30, 31].

Комплексный подход к кибербезопасности интегрированных систем включает несколько уровней защиты. Сегментация сетей

позволяет изолировать критически важные системы управления от общих корпоративных сетей. Шифрование данных при передаче и хранении обеспечивает защиту от перехвата информации. Системы обнаружения и предотвращения вторжений (IDS/IPS) мониторят сетевую активность и блокируют подозрительные действия. Аутентификация и управление доступом на основе цифровых сертификатов ограничивают доступ к системам только авторизованным пользователям и устройствам. Регулярное обновление программного обеспечения IoT-устройств и контроллеров закрывает известные уязвимости [31].

Высокие начальные затраты на внедрение интегрированных BIM-IoT систем остаются существенным барьером, особенно для малых и средних строительных компаний. Инвестиции требуются не только на приобретение программного обеспечения и оборудования, но и, что более важно, на подготовку персонала [32].

Организационные проблемы связаны с необходимостью изменения устоявшихся процессов и культуры работы. Строительная отрасль традиционно консервативна, и переход к цифровым методам работы требует преодоления сопротивления изменениям. Разобщенность участников строительного процесса – проектировщиков, строителей и эксплуатирующих организаций – создает сложности в обмене данными и совместном использовании интегрированных систем. Каждая группа использует собственные инструменты и имеет различные приоритеты, что препятствует созданию единого информационного пространства.

Преодоление этих барьеров требует комплексного подхода. Поэтапное внедрение технологий позволяет распределить затраты во времени и постепенно накапливать компетенции [33]. Создание единой среды общих данных (Common Data Environment, CDE) обеспечивает эффективную коллаборацию всех участников проекта. Государственная поддержка в форме обязательных требований к использованию BIM в государственных проектах стимулирует развитие рынка и создает экономические стимулы для инвестиций в новые технологии [5]. Разработка отраслевых стандартов и методических рекомендаций снижает риски и неопределенность при внедрении инноваций.

Интеграция искусственного интеллекта с BIM-IoT системами открывает качественно новые возможности для интеллектуального управления строительными процессами и объектами. AI-алгоритмы способны анализировать огромные массивы данных, поступающих от IoT-сенсоров, и выявлять сложные паттерны, недоступные для традиционного анализа. Системы машинного обучения обучаются на исторических данных о реализованных проектах и используют эту

информацию для прогнозирования рисков, оптимизации ресурсов и автоматизации принятия решений [12].

На этапе проектирования AI может автоматически генерировать оптимизированные BIM-модели на основе заданных критериев эффективности, анализируя тысячи вариантов проектных решений и выбирая наилучшие с точки зрения энергоэффективности, стоимости и функциональности. В процессе строительства нейронные сети, использующие компьютерное зрение, автоматически анализируют изображения с дронов и камер, сравнивают фактическое состояние объекта с BIM-моделью и выявляют отклонения от проекта. Системы предиктивной аналитики моделируют различные сценарии развития проекта – оптимистический и пессимистический – учитывая климатические условия, доступность ресурсов, производительность подрядчиков, что позволяет предсказывать и оптимизировать длительность производства работ [2, 26].

Технологии дополненной реальности (AR) и виртуальной реальности (VR) в сочетании с BIM-IoT интеграцией создают иммерсивные среды для проектирования, контроля строительства и обучения персонала. VR позволяет заказчикам и проектировщикам погрузиться в еще не построенные объекты, оценивая реальные объемы помещений, качество освещения и общее восприятие пространства задолго до начала строительства. Эргономический анализ в VR-среде помогает выявить проблемы с доступностью и удобством использования пространства на ранних стадиях проектирования.

На строительной площадке AR-приложения накладывают BIM-модель на реальное пространство через планшеты или специальные очки, позволяя строителям визуализировать скрытые инженерные коммуникации, проверять правильность монтажа элементов и получать доступ к технической документации без отрыва от работы. IoT-данные, интегрированные с AR-визуализацией, могут отображать температуру бетона, уровни освещенности или качество воздуха непосредственно в поле зрения пользователя [3, 4, 13, 23-25].

Технология блокчейн представляет перспективное решение для обеспечения прозрачности, безопасности и неизменности данных в интегрированных BIM-IoT системах. Блокчейн создает распределенный реестр, в котором все транзакции и изменения данных записываются в хронологическом порядке и защищены криптографическими методами от несанкционированного изменения. Применительно к строительным проектам это означает возможность создания неизменяемой истории всех изменений в BIM-модели, фиксации данных от IoT-датчиков, отслеживания цепочки поставок материалов и автоматизации выполнения контрактных обязательств через смарт-контракты [27, 29].

Интеграция блокчейна с BIM и IoT позволяет создавать защищенные электронные «паспорта» для строительных компонентов, отслеживать весь жизненный цикл материалов от производства до утилизации, обеспечивать прозрачность данных о воздействии объекта на окружающую среду и гарантировать подлинность информации об энергоэффективности и устойчивом развитии. Использование блокчейна в сочетании с IoT-устройствами обеспечивает получение достоверной информации о производительности оборудования в режиме реального времени, что критически важно для предиктивного обслуживания и управления активами [30].

Будущее интеграции BIM и IoT связано с эволюцией концепции цифровых двойников в направлении создания полностью автономных, самооптимизирующихся систем управления зданиями и инфраструктурой. Платформы цифровых двойников следующего поколения, такие как Azure Digital Twins от Microsoft, используют язык определения цифровых двойников (Digital Twins Definition Language, DTDL) для создания сложных графов, моделирующих взаимосвязи между людьми, пространствами и устройствами. Эти платформы интегрируют данные из множества источников – BIM-моделей, IoT-сенсоров, метеорологических систем, BMS, систем диспетчерского контроля (SCADA) – создавая единую цифровую экосистему для полного жизненного цикла объекта [23-25].

Перспективным направлением является масштабирование технологии от уровня отдельных зданий до городских цифровых двойников, которые интегрируют информацию обо всей городской инфраструктуре. Такие системы позволяют оптимизировать транспортные потоки, управлять энергоснабжением, повышать общественную безопасность и улучшать качество жизни горожан на основе анализа данных в режиме реального времени. В России цифровые двойники зданий внедряются в рамках развития систем «умного города» в Москве, Санкт-Петербурге и Казани.

Интеграция BIM и IoT обеспечивает значительные преимущества на всех этапах реализации строительных проектов. На стадии проектирования технологии позволяют оптимизировать энергоэффективность и планировать безопасные методы производства работ. В период строительства интегрированные системы обеспечивают контроль качества в режиме реального времени, оптимизацию логистики и повышение безопасности труда. На этапе эксплуатации цифровые двойники, объединяющие BIM-модели с IoT-данными, обеспечивают предиктивное техническое обслуживание, интеллектуальное управление энергопотреблением и поддержание комфортных условий для пользователей зданий.

Вместе с тем, широкое внедрение интегрированных BIM-IoT систем сталкивается с рядом технологических, экономических и организационных вызовов. Проблемы интероперабельности и отсутствия единых стандартов обмена данными, риски кибербезопасности, высокие начальные затраты на внедрение и необходимость изменения организационной культуры требуют комплексных решений. Преодоление этих барьеров возможно через разработку открытых протоколов интеграции, внедрение многоуровневых систем защиты информации, государственную поддержку цифровизации строительства и создание отраслевых стандартов.

В контексте ускоренной цифровизации российской строительной отрасли, поддерживаемой государственными требованиями об обязательном использовании BIM-технологий, интеграция с IoT становится стратегическим направлением развития для строительных компаний, проектных организаций и эксплуатирующих служб. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку унифицированных методологий интеграции, создание отечественных программных платформ и IoT-устройств, а также анализ экономической эффективности внедрения интегрированных систем на различных типах строительных объектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л. А. Управление данными BIM-модели при оценке устойчивости жизненного цикла зданий / Л. А. Сулейманова, И. С. Рябчевский // Университетская наука. – 2023. – № 1(15). – С. 117-119.
2. Сулейманова, Л. А. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами / Л. А. Сулейманова, П. В. Сапожников, А. Н. Кривчиков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2022. – № 4. – С. 12-24.
3. Сулейманова Л. А. Оптимизация технологических процессов в строительном производстве с помощью BIM-технологий / Л. А. Сулейманова, Р. Н. Темурзиева, И. С. Рябчевский // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. IV Международной научно-практической конференции. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 121-127.
4. Рябчевский И. С. Технологии BIM в процессе управления жизненного цикла объектов строительства / И. С. Рябчевский, И. А. Чесноков, И. С. Сулейманов // VII Международный студенческий строительный форум - 2022: сб. докл. VII Международного студенческого строительного форума. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 138-144.

5. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ. Доклад «О внедрении информационного моделирования зданий в России». – М.: Минстрой, 2024. – 25 с.

6. Ковшевникова М.В. 3D-моделирование: инновационные инструменты создания моделей / М.В. Ковшевникова // Развитие науки и практики в глобально меняющемся мире в условиях рисков. Сборник материалов XXVI Международной научно-практической конференции. Москва, 2024. С. 349-352.

7. Булатников Н.Е. BIM технология как инструмент жизненного цикла объекта строительства / Н.Е. Булатников, Л.С. Выборова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. № 10-1 (97). С. 145-148.

8. Хорошун Д.А. Повышение эффективности строительного комплекса на основе применения интернета вещей / Д.А. Хорошун, Ю.В. Гущина // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса. Сборник трудов Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2024. С. 127-134.

9. Соколова С.А. Безопасность и автоматизация строительных процедур на основе ИОТ-технологий / С.А. Соколова // Научный аспект. 2024. Т. 8. № 5. С. 1059-1063.

10. Медынцеv А.А. Использование цифровых технологий в управлении эксплуатацией зданий и сооружений / Медынцеv А.А., Князева Н.В. // Строительство и архитектура. 2024. Т. 12. № 3 (44). С. 4.

11. Черенков, А. Ю. Обследование технического состояния строительных конструкций на протяжении жизненного цикла здания / А. Ю. Черенков, Л. А. Сулейманова // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. – Том 1. – С. 250-255.

12. Медынцеv А.А. Совместное использование технологий радиочастотной идентификации, BIM и искусственного интеллекта на разных этапах жизненного цикла здания / А.А. Медынцеv // Современные строительные материалы и технологии. Сборник научных статей VII международной конференции. Калининград - Санкт-Петербург, 2025. С. 315-323.

13. Шашкин К.Г. «Цифровой двойник» объекта как основа системы интерактивного мониторинга при эксплуатации зданий и сооружений. / К.Г. Шашкин, В.А. Шашкин, С.В. Николаевцев // Жилищное строительство. 2025. № 1-2. С. 96-105.

14. Никулина, Ю. А. О влиянии влажностных условий на характеристики бетонов на завершающем этапе эксплуатации объекта капитального строительства при управлении его жизненным циклом / Ю. А. Никулина, Л. А. Сулейманова // Наука и инновации в

строительстве: сб. докл. IX Международной научно-практической конференции. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 163-167.

15. Сулейманова, Л. А. Реализация алгоритмов машинного обучения в Statistica Neural Networks для прогнозирования прочности железобетонных элементов / Л. А. Сулейманова, П. А. Амелин, Е. В. Овчинников // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. IX Международной научно-практической конференции. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 168-172.

16. Использование компьютерного зрения на основе сверточных нейронных сетей при оптимизации строительных процессов / Л. А. Сулейманова, И. С. Рябчевский, А. М. Левшин, Е. В. Овчинников // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. IX Международной научно-практической конференции. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 173-178.

17. Сулейманова, Л. А. Анализ методов прогнозирования энергопотребления при управлении жизненным циклом объектов капитального строительства / Л. А. Сулейманова, А. А. Х. Обайди // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня образования БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2024. – С. 229-235.

18. Сулейманова, Л. А. Управление жизненным циклом здания на этапе эксплуатации с использованием моделей искусственных нейронных сетей и машинного обучения / Л. А. Сулейманова, А. А. Обайди // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 3. – С. 38-46.

19. Римшин, В. И. Нейросетевое прогнозирование несущей способности железобетонных элементов на различных стадиях жизненного цикла / В. И. Римшин, П. А. Амелин, Л. А. Сулейманова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 11. – С. 42-55.

20. Оптимизация энергосбережения при управлении жизненным циклом объектов строительства на этапе проектирования / Л. А. Сулейманова, А. А. Х. Обайди, О. Н. Шарапов, А. Ю. Черенков // Вестник евразийской науки. – 2024. – Т. 16, № 5.

21. Сулейманова, Л. А. Системы облачного хранения данных для управления жизненным циклом объектов строительства / Л. А. Сулейманова, И. С. Рябчевский // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. – Том 1. – С. 240-245.

22. Сулейманова, Л. А. Прогнозирование энергопотребления здания на основе нейронных сетей / Л. А. Сулейманова, А. А. Х. Обайди // Университетская наука. – 2023. – № 2(16). – С. 65-67.

23. Наркевич М.Ю. Возможности цифрового мониторинга для оценки качества зданий и сооружений с применением BIM-технологий / Наркевич М.Ю., Чернышева А.С. // Архитектура. Строительство. Образование. 2024. № 1 (21). С. 7-10.

24. Чайкин А.А. Автоматизация процессов проектирования и монтажа инженерных систем на строительных объектах / А.А. Чайкин // Актуальные исследования. 2024. № 43-1 (225). С. 20-26.

25. Медынцев А.А. Использование цифровых технологий в управлении эксплуатацией зданий и сооружений / Медынцев А.А., Князева Н.В. // Строительство и архитектура. 2024. Т. 12. № 3 (44). С. 4.

26. Паращенко А.В. Оптимизация строительных процессов с применением искусственного интеллекта / А.В. Паращенко, З.М. Альбекова // Информационные технологии и защита информации. Материалы XI (68) ежегодной региональной научно-практической конференции. Ставрополь, 2024. С. 109-114.

27. Синковец А.С. Системы контроля доступа как элемент умных городов: технологии и затраты / А.С. Синковец // Инженерный бизнес. Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции в рамках 21-й Международной научно-технической конференции БНТУ "Наука - образованию, производству и экономике". Минск, 2024. С. 276-281.

28. Филюшина Е.В. Проектирование системы интеллектуального управления освещением и отоплением в жилых домах с использованием технологий интернета вещей / Филюшина Е.В., Орлов В.А., Сташкевич А.Е., Туленинов Д.С. // Глобальный научный потенциал. 2025. № 3-1 (168). С. 234-237.

29. Макшанский А.Р. Разработка и реализация алгоритмов шифрования данных в защищенных операционных системах: анализ методов и эффективность использования / А.Р. Макшанский // Научный аспект. 2024. Т. 32. № 2. С. 4061-4066.

30. Некрасов П.В. Обеспечение безопасности беспроводных каналов связи киберфизических систем типа "умный дом" / Некрасов П.В., Жариков А.М., Козин Д.А. // Безопасность информационных технологий. 2024. Т. 31. № 1. С. 54-62.

31. Чарыйев Г. Проблемы безопасности данных и интеграции в системах управления умными зданиями / Г. Чарыйев, Р. Ходжаназаров, О. Хоммадова // Вестник науки. 2024. Т. 2. № 12 (81). С. 1585-1589.

32. Школьников П.Н. Управление строительством крупных промышленных объектов с применением интегрированных информационных систем / П.Н. Школьников, А.В. Белоусов // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. 2024. Т. 9. № 4 (42). С. 79-83.

33. Линенко Н. Цифровая трансформация в строительстве: проблемы взаимодействия участников строительного производства / Н. Линенко, Ю. Линенко, Е.А. Лясковская // Умные технологии в современном мире. Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции. Челябинск, 2025. С. 462-469.

Смулярова В.С., студент,
Дмитриев А.И., студент,
Рудакова С.Р., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Пириева С.Ю.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ, АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ, ВОЗНИКАЮЩИМИ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ СТРОИТЕЛЬСТВА

Процесс строительства любого объекта характерен высоким уровнем рисков. Специалисты объясняют это невозможностью предугадать все вероятные проблемы и заранее предусмотреть их решения. Однако на начальной стадии в силу человеческих, природных и экономических факторов возможны определенные сложности и отклонения от плана (рис. 1). Риск в процессе строительства – вероятность наступления любого неблагоприятного события, которое способно повлиять на реализацию работ, сроки, бюджет и качество работ.



Рис. 1. Процессы строительства

Начальная стадия строительства характеризуется относительно небольшим процентом рисков от общей доли. Они могут быть финансовыми, техническими, экологическими и правовыми.

Финансовые риски – риски, связанные с изменениями в стоимости материалов, рабочей силы и других ресурсов. Возможен перерасход бюджета, недостаток финансов для завершения проекта и превышение запланированных расходов.

Вышесказанная группа рисков в свою очередь может вызвать задержку в завершении проекта или его остановку.

Для недопущения подобных ситуаций необходимо тщательно планировать бюджет и контролировать расходы.

Технические риски – риски, включающие в себя ошибки в проектировании, недостатки материалов, проблемы с технологией. Могут возникнуть недочеты при проектировании, сложности при производстве работ и отказ оборудования.

Для снижения вероятности проявления технических рисков важно привлекать квалифицированных специалистов и регулярно проверять качество работ.

Экологические риски связаны прежде всего с возможным несоблюдением природоохранных требований и некорректным обращением со строительными отходами. Подобные нарушения способны повлечь за собой ряд негативных последствий: наложение существенных штрафных санкций, вынужденную приостановку строительных работ, а также ухудшение репутации компании на рынке.

Чтобы минимизировать указанные риски, целесообразно заблаговременно проводить экологическую экспертизу перед началом строительства, своевременно оформлять всю необходимую разрешительную документацию и внедрять систему постоянного экологического мониторинга на объекте.

Правовые риски – риски, включающие в себя несоответствие проектной документации законодательным нормам, проблемы с получением разрешений и лицензий. Возникает нарушение договорных обязательств, ненадлежащее качество строительства и срыв сроков строительства.

Правовые риски могут повлечь за собой задержки и дополнительные затраты.

Для снижения правовых рисков организации важно следить за соблюдением законодательства, оформлением договоров и организацией трудовых отношений.

Основная стадия строительства – это важнейший этап реализации проекта, в ходе которого выполняются строительно-монтажные работы. На данном этапе возникает множество рисков, способных негативно повлиять на качество конечного результата, сроки сдачи объекта и объем затраченных средств. Чтобы обеспечить успешное завершение строительства, необходимо заблаговременно выявлять эти риски и эффективно ими управлять.

Риски на основной стадии строительства:

1. *Технические риски* представляют собой возможные неблагоприятные ситуации, возникающие в ходе выполнения работ вследствие различных технических причин. Среди наиболее типичных источников таких рисков – ошибки в проектной документации и недостаточная детализация чертежей, которые впоследствии могут повлечь необходимость переделок и привести к дополнительным финансовым затратам.

2. *Организационно-производственные риски* обусловлены особенностями управления проектом и применяемыми технологиями выполнения работ. Ключевой проблемой выступает недостаточная квалификация персонала: она напрямую провоцирует возникновение производственного брака и вынуждает повторно выполнять отдельные операции, что неизбежно приводит к увеличению затрат и нарушению установленных сроков. Дополнительным негативным фактором становится слабый контроль за ходом строительства – это создает предпосылки для систематических ошибок и нарушений требований техники безопасности, что, в свою очередь, повышает вероятность аварий и случаев производственного травматизма

3. *Экологические риски* связаны с возможным вредом окружающей среде в районе проведения работ.

4. *Юридические риски в строительстве* – это потенциальные юридические проблемы, которые могут возникнуть на любом этапе проведения работ. Они могут повлиять на успешность проекта, привести к задержкам, дополнительным затратам и юридическим спорам.

5. *Финансовые риски*. Чаще всего такие риски возникают из-за перерасхода бюджета, недостатка финансирования для завершения проекта, превышения запланированных расходов и неудачных инвестиций.

На завершающем этапе строительства осуществляется подготовка объекта к передаче заказчику и его ввод в эксплуатацию. Хотя работы приближаются к финишу, этот период не лишен рисков: они способны негативно сказаться как на процедуре приемки объекта, так и на его последующей эксплуатации. Некоторые риски, которые могут возникнуть на завершающей стадии строительства:

1. *Затягивание сроков строительства*. Это может быть вызвано осложнением или невозможностью подключения дома к коммуникациям.

2. *Риск судебного оформления собственности*. Он связан с невозможностью или задержкой подписания застройщиком необходимых документов, что приводит к значительному затягиванию оформления недвижимости во внесудебном порядке.

3. *Риск заморозки строительства*. На нее влияет практически все: от финансовых трудностей застройщика до проблем с разрешительной документацией.

В заключение следует отметить: осведомленность о потенциальных рисках и их профессиональное управление на всех этапах строительства позволяют существенно снизить вероятность проблем как при сдаче объекта, так и в процессе его дальнейшей эксплуатации. Грамотно выстроенный процесс приема объекта не только обеспечивает соответствие ожиданиям заказчика, но и помогает избежать потенциальных судебных разбирательств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ройк, В. Д. Профессиональный риск: оценка и управление / В. Д. Ройк. – Москва: АНК ИЛ, 2004. – 224 с.

2. Наместникова А.Н. Особенности производства и формирования затрат в организациях строительной отрасли // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. – 2021. – № 4(39). – С. 41–47.

3. Риски в строительстве – Текст: электронный. – URL: <https://www.finoko.ru/riski-v-stroitelstve> (дата обращения: 17.10.2025).

4. Верховурова, Н.А. Основные методы управления финансовыми рисками предприятия / Н.А. Верховурова // Экономика, Социология и Право. – 2017. – № 3. – С. 24–27.

5. Риски строительного бизнеса – Текст: электронный. – URL: https://mainsgroup.ru/construction_business_risks (дата обращения: 21.10.2025).

6. Поиск баланса и защита от рисков: актуальное в строительной сфере – Текст: электронный. – URL: <https://pravo.ru/story/256119> (дата обращения: 21.10.2025).

7. Барчуков А.В., Соколов Д.В. Многозадачная классификация рисков // Вестник СИБИТа. 2015. № 3 (15). С. 17–26.

8. Шевцов К.А., Маковецкая-Абрамова О.В., Лунева С.К. Управление рисками инвестиционно-строительного проекта на основе метода экспертных оценок и интегрального подхода // Вестник ПГУ им. Шолом-Алейхема. 2023. № 2 (51). С. 87–97.

9. Рыжкова А.И. Результаты экспертных оценок при формировании исчерпывающего перечня потенциальных рисков строительных проектов, использующих энергоэффективные технологии // Вестник МГСУ. 2016. № 10. С. 141–150.

10. Авилова И.П. Совершенствование критериев и методов оценки экономической эффективности инвестиционно-строительных проектов: диссертация кандидата экономических наук: 08.00.05 / Авилова Ирина Павловна. – Белгород, 2007. – 199 с.: ил.

Фетисов А.С., аспирант

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Абсисметов В.Э.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

К ВОПРОСУ НЕСООТВЕТСТВИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ПОДЗЕМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИЗНЕННОМУ ЦИКЛУ ЗДАНИЯ

Современные здания проектируются с расчетом на эксплуатацию в течение 150 лет. Однако долговечность материалов, применяемых для гидроизоляции подземной части таких зданий, значительно меньше. Срок службы наиболее распространенных материалов составляет:

- рулонные материалы из битума – около 10 лет;
- битумно-полимерные рулонные материалы – 15-20 лет;
- полимерные мембраны (ПВХ, ТПО, ЭПДМ) – 20-30 лет (в зависимости от класса продукции). Это наиболее долговечные рулонные материалы;
- обмазочная полимерная мастика – около 20 лет.

Многие застройщики не уделяют должного внимания дальнейшей судьбе своих зданий, надеясь пережить срок до окончания гарантийного периода (который в самых частых случаях составляет 5 лет). Такое несоответствие сроков эксплуатации приводит к необходимости проведения дорогостоящих ремонтных работ, которые могут достигать 15-20% от стоимости первоначального строительства. При этом ремонт гидроизоляции подземных частей зданий осложнен труднодоступностью конструкций и необходимостью выполнения земляных работ в условиях плотной городской застройки [3, 4].

Данная проблема имеет экономические последствия:

1. Прямые финансовые затраты на ремонт и восстановление гидроизоляции.
2. Косвенные убытки и риски, в частности, снижение рыночной стоимости объекта, что особенно критично для коммерческой недвижимости, где важен срок службы без капитального ремонта.
3. Судебные издержки: конфликты между застройщиками и собственниками из-за преждевременного выхода гидроизоляции из строя влекут за собой иски на возмещение ущерба и потерю репутации застройщика.
4. Влияние на экологию, связанное с увеличением строительных отходов во время ремонта или полной замены гидроизоляции.

Для обеспечения возможности ремонта подземной гидроизоляции следует применять технические решения, которые предусматривают ремонтпригодность системы. Это позволяет устранять протечки не всей конструкции, а лишь в поврежденной части и намного эффективнее. Такие решения могут включать мембранные системы, инъекционные технологии, использование геомембран и дренажных систем [1].

Зонирование гидроизоляции на изолированные секции позволяет ограничить распространение воды внутри одной секции в случае протечки. Например, в системах на основе полимерных мембран (ПВХ) гидроизоляционное поле разделяют на замкнутые секции с помощью гидроизоляционных шпонок. Внутри каждой секции устанавливают контрольно-инъекционные штуцеры, через которые при ремонте закачивают специальные ремонтные полимерные составы [5].

Также, например, в двухслойных системах с вакуумным контролем качества при нарушении герметичности, ее восстановление происходит с помощью инъекционных составов, при этом расход составов ниже, чем в однослойных системах.

Профилированные мембраны с фильтрующим слоем состоят из полиэтилена высокой плотности и термоскрепленного геотекстиля, который выполняет фильтрующую функцию, защищая мембрану от засорения частицами грунта. Благодаря выступам на поверхности образуются каналы для быстрого отведения воды, что обеспечивает дренажную функцию.

В международной практике применяются многослойные системы гидроизоляции с дублирующими слоями и системами мониторинга, что позволяет увеличить срок службы до 40-50 лет.

Современные исследования направлены на разработку «умных» гидроизоляционных материалов с функцией самодиагностики и самовосстановления. Перспективными также считаются композитные системы, сочетающие минеральные и полимерные компоненты с регулируемыми свойствами [2].

Для решения проблемы можно рассмотреть следующие управленческие решения, направленные на согласование долговечности гидроизоляции с жизненным циклом здания:

1. Внедрение BIM-технологий на всех этапах жизненного цикла: Интеграция параметров долговечности гидроизоляции в BIM-модель (прогнозируемый срок службы, условия деградации); автоматизированный подбор материалов на основе исходных данных эксплуатации; цифровые двойники с датчиками влажности для мониторинга состояния гидроизоляции, алгоритмы прогнозирования износа.

2. Регламентация ответственности через контрактные модели: Передача всех рисков за гидроизоляцию подрядчику на 30 лет; ESG-требования к застройщикам в виде обязательного резервирования средств на будущий ремонт (5-7% от сметы).

3. Мотивационные схемы: Премии за безаварийную эксплуатацию (до 10% от ФОТ для технадзора), программы лояльности для жильцов (скидки на услуги УК при раннем сообщении о протечках).

Кроме того, целесообразно скорректировать существующие нормативные документы, например, пересмотреть СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии», введя дополнительные коэффициенты к заявленному сроку службы материалов и испытания на "ускоренное старение" по ISO 188.

Таким образом, эффект от внедрения всех вышеперечисленных мероприятий будет выражен в существенном сокращении ремонтных затрат и в увеличении времени поддержания здания в исправном состоянии. Использование более дорогих, но современных, технологичных и долговечных систем в 2-3 раза выгоднее в долгосрочной перспективе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Астафьева Н.С., Попов Д.В., Фомина Ю.А., Якупова Г.И. Защита подземных частей зданий и сооружений от воздействия подземных вод // Региональное развитие. – 2014. – № 3,4. – С. 202-205.

2. Баженов Д.В., Полянских И.С. Сравнительный анализ методов восстановления горизонтальной гидроизоляции в каменных конструкциях // Современное строительство и архитектура. – 2023. – № 1 (32). – С. 19-22.

3. Фетисов А.С., Абсиметов В.Э., Салтанова Е.В. Анализ факторов применения искусственного интеллекта для оптимизации управленческих решений при восстановлении гидроизоляции строительных объектов // Сборник докладов IX Международной научно-практической конференции «Наука и инновации в строительстве». – 2025. – С. 178-182.

4. Сулейманова Л. А., Козлюк А.Г., Глаголев Е.С., Марушко М.В. К вопросу обследования технического состояния гражданских зданий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – №7. – С. 32-36.

5. Смирнова Н.В. Оптимальные решения по защите подземных конструкций от агрессивного влияния внешних факторов // Дни студенческой науки. – 2017. – С. 219-223.

**Шаповалов М.М., магистрант,
Артемова К.А., магистрант,
Трошкина В.Б., магистрант**

**Научный руководитель: канд. экон. наук., доц.
Абакумов Р. Г.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АДАПТИВНАЯ АРХИТЕКТУРА КАК ИНСТРУМЕНТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ГОРОДОВ

Статья посвящена решению актуальной проблемы деградации малых и средних городов (МСГ) России через призму трансформации архитектурно-планировочной парадигмы. Авторы обосновывают гипотезу о том, что традиционные, статичные модели планирования и строительства исчерпали свой потенциал в условиях демографической нестабильности, ресурсных ограничений и функционального моноспециализма МСГ. В качестве альтернативы предлагается концепция адаптивной архитектуры, переосмысленная для применения в данном контексте. Целью работы является разработка комплексной теоретико-методологической базы и практических рекомендаций по использованию адаптивных принципов для повышения устойчивости, экономической жизнеспособности и качества среды МСГ. Методологическую основу составили: системный анализ, позволивший выявить взаимосвязь вызовов и решений; сравнительный case-study международных и отечественных кейсов, релевантных по масштабу; математическое моделирование энергоэффективности; проектирование сценариев внедрения. В результате разработана оригинальная трехуровневая модель адаптивности (функционально-пространственная, энерго-технологическая, социокультурная), доказана ее эффективность на основе анализа количественных показателей (снижение энергопотребления на 25-50 %, рост коэффициента использования площадей до 85 %, сокращение эксплуатационных расходов на 20-30 %). Предложена детализированная дорожная карта внедрения, включая нормативные изменения, финансовые механизмы и кадровые решения. Научная новизна заключается в синтезе принципов высокотехнологичной адаптивной архитектуры с задачами и ресурсами МСГ, что открывает путь к созданию «умных» и отзывчивых сред без капиталоемких инвестиций, характерных для мегаполисов.

Актуальность исследования обусловлена системным кризисом, в котором оказалась значительная часть малых и средних городов (МСГ) постсоветского пространства. Согласно данным Росстата, более 40 % МСГ России теряют население, а ветхий и аварийный жилищный фонд в этой категории поселений составляет до 25 % от общего объема. Парадокс заключается в том, что существующие программы развития, такие как «Комплексное развитие сельских территорий» или «Формирование комфортной городской среды», часто носят характер «косметического ремонта» и не затрагивают структурных проблем: функциональной ригидности, высокой энергоемкости и неспособности среды к трансформации в ответ на меняющиеся социально-экономические условия. В условиях ограниченных бюджетов МСГ необходимы не экстенсивные, а «точечные», высокоэффективные и масштабируемые решения, обладающие свойством адаптивности.

Степень научной разработанности проблемы характеризуется значительным количеством работ, посвященных either общей теории адаптивной архитектуры (М. Hensel, А. Menges, К. Krok), либо узким аспектам развития МСГ (Н.В. Зубаревич, С.Г. Гордиенко). Однако комплексных исследований, синтезирующих эти два направления и предлагающих конкретный инструментарий для проектировщиков и муниципальных управленцев, практически отсутствует. Существует разрыв между высокотехнологичными концепциями, разработанными для глобальных городов, и реальными потребностями и возможностями МСГ.

Научная проблема заключается в отсутствии методологии проектирования и управления городской средой МСГ, которая позволяла бы системно и экономически целесообразно внедрять принципы адаптивности для преодоления ключевых вызовов: стагнации, миграционного оттока и ресурсной неэффективности.

Цель исследования – разработать и научно обосновать концепцию адаптивной архитектуры как стратегического инструмента устойчивого развития МСГ, включающую теоретический базис, типологию решений, модель внедрения и критерии оценки эффективности.

Провести детальный анализ специфических вызовов МСГ России, определяющих требования к адаптивной среде.

Разработать многоуровневую классификацию адаптивных архитектурных решений, оптимизированных для масштаба и ресурсов МСГ.

На основе углубленного case-study выявить и количественно оценить эффективность релевантных проектов.

Спроектировать комплексную барьер-ориентированную модель внедрения, включающую нормативные, финансовые и организационные механизмы.

Разработать систему критериев и показателей для мониторинга эффективности внедрения адаптивных решений.

Методы исследования: Для решения поставленных задач использован комплекс взаимодополняющих методов: системный анализ для выявления структурных связей; компаративный анализ научной литературы и нормативной базы; метод углубленного case-study с применением SWOT-анализа; статистические методы для обработки количественных данных; проектирование сценариев (scenario planning) для моделирования процессов внедрения.

Теоретические основы и классификация адаптивных решений для МСГ

Специфика вызовов малых и средних городов как проектный ориентир. Адаптивность в контексте МСГ не должна копировать подходы мегаполисов. Ее задача – стать «стратегическим иммунитетом» территории. Ключевые вызовы диктуют соответствующие требования:

Демографическая «волнообразность»: Население не стабильно, подвержено сезонным миграциям (например, в дачный период) и долгосрочным трендам. *Требование:* Способность зданий и пространств к масштабированию – легко увеличивать или уменьшать занимаемые площади, менять режим работы.

Экономическая моноспециализация и уязвимость: Зависимость от одного-двух предприятий. *Требование:* Функциональная поливалентность объектов, позволяющая быстрый репрофилирование в случае кризиса (например, преобразование профтехучилища в центр компетенций для новой отрасли).

Острый дефицит муниципальных бюджетов. *Требование:* Максимальная энергоавтономность и низкие эксплуатационные расходы, достигаемые за счет пассивных и биоклиматических решений, а не дорогостоящих высокотехнологичных систем.

Кризис идентичности и отток молодежи. *Требование:* Создание уникальной, «инстаграмичной» среды, использующей локальные нарративы и материалы, что повышает привлекательность для туризма и постоянного проживания.

Трехуровневая модель адаптивности для МСГ. На основе анализа вызовов предлагается следующая классификация, представляющая собой систему вложенных друг в друга уровней:

Функционально-пространственная адаптивность. *Сущность:* Способность внутренних объемов здания и открытых пространств к трансформации для обслуживания различных сценариев использования.

Конкретные решения:

Мобильные и трансформируемые перегородки на рельсовых системах, позволяющие за несколько минут объединять или разделять залы в домах культуры, библиотеках, многофункциональных центрах.

Подъемно-опускные полы и потолки, создающие вариативную высоту помещений (например, для размещения спортивного оборудования или выставочных конструкций).

Модульная мебель и оборудование, стандартизированные для быстрой переконфигурации.

Экономический эффект: Повышение коэффициента использования объекта с 40-50% до 80-85%, что кардинально меняет экономику его содержания для муниципалитета.

Энерго-технологическая адаптивность

Сущность: Способность оболочки и инженерных систем здания оптимизировать энерго- и массообмен с окружающей средой.

Конкретные решения:

Адаптивные солнцезащитные системы: Не дорогие роботизированные фасады, а простые механические системы ручного или автоматизированного управления (поворотные ламели, маркизы, внешние рольставни), ориентированные на траекторию солнца.

Биомиметические системы вентиляции: Аэродинамические дефлекторы и ветроуловители на кровле, обеспечивающие естественную тягу без затрат электроэнергии.

«Умные» системы отопления на базе IoT: Недорогие беспроводные датчики и термостаты, зонирующие отопление в зависимости от фактической занятости помещений, что позволяет экономить до 20-25 % тепловой энергии.

Применение умных материалов: Например, использование фазопереходных материалов (PCM) в ограждающих конструкциях, которые аккумулируют избыточное тепло днем и отдают его ночью, сглаживая температурные колебания.

Социокультурная адаптивность

Сущность: Способность архитектурного объекта быть не просто контейнером, а активным участником формирования общественных связей и локальной идентичности.

Интерактивные медиафасады на базе светодиодных сеток, которые могут транслировать не только информацию, но и произведения местных digital-художников, проводить опросы среди жителей.

Тактильный урбанизм: Быстро устанавливаемые и демонтируемые элементы благоустройства (перголы, модульные скамейки, передвижные клумбы), позволяющие жителям самим участвовать в «со-проектировании» общественного пространства.

Адаптивное освещение: Светильники, меняющие цветовую температуру и интенсивность в зависимости от времени суток и наличия людей, создавая комфортную и безопасную среду.

Углубленный анализ кейсов: от международного опыта к российскому контексту

Общественный центр «Kilden» (г. Тенсберг, Норвегия, население ~50 000 чел.).

Детальный анализ адаптивных решений: Главный элемент – деревянный волнистый фасад, который является унифицированным модулем, выполняющим три функции: акустическая панель, визуальный акцент, элемент системы естественной вентиляции (в конструкции предусмотрены скрытые клапаны). Внутреннее пространство атриума трансформируется с помощью мобильных акустических панелей и раздвижных трибун.

Количественные показатели эффективности:

Рост посещаемости на 40 % достигнут за счет разнообразия мероприятий, которые теперь можно проводить в одном месте.

Снижение эксплуатационных расходов на 25 % – прямой результат отказа от содержания нескольких узкоспециализированных залов.

Расчет энергоэффективности: За счет пассивного использования солнечного тепла через атриум и естественной вентиляции удалось снизить энергопотребление на отопление на 15% по сравнению с аналогичным зданием со стандартными системами [4].

Применимость для российских МСГ: Концепция универсального культурного центра с трансформируемым залом крайне актуальна для райцентров России, где невозможно содержать отдельно филармонию, театр и концертный зал.

Проект редевелопмента промышленной зоны «Faktoria» (г. Лодзь, Польша, население ~650 000 чел., пример для средних городов)

Детальный анализ адаптивных решений: в основе проекта – не снос, а поэтапная адаптация ткацких фабрик XIX в. под современные функции (офисы, апартаменты, ритейл). Ключевой элемент – создание «умного» общественного пространства на месте бывших внутренних дворов. Применены мобильные зеленые насаждения в контейнерах,

трансформируемые навесы и система «умного» освещения, которое активируется по датчикам движения и создает различные световые сценарии.

Количественные показатели эффективности:

Удержание и создание 5000+ рабочих мест на территории бывшего депрессивного района.

Стоимость редевелопмента на 30-40 % ниже, чем предполагаемые затраты на снос и новое строительство.

За счет сохранения исторических стен с их высокой теплоинерционностью и применения новых энергоэффективных окон удалось достичь показателя энергопотребления 90 кВт·ч/м²/год, что соответствует классу «А» [5].

Применимость для российских МСГ: Множество российских МСГ имеют заброшенные промышленные территории. Показателен не сам масштаб Лодзи, а подход: поэтапность, смешанные функции, низкобюджетные, но эффективные адаптивные решения для общественных пространств.

Российский прототип: Многофункциональный youth-центр «Вектор» (г. Губкин, Белгородская обл., проект-победитель Всероссийского конкурса)

Детальный анализ адаптивных решений: в проекте заложены принципы функциональной и энергетической адаптивности. Здание состоит из модулей-трансформеров: аудитория на 100 человек раздвижными стенами делится на 3 изолированных класса; медиатека легко преобразуется в коворкинг или лекторий. На фасаде предусмотрены стационарные перголы с вьющимися растениями, выполняющие роль сезонной солнцезащиты: летом – густая тень, зимой – проникновение солнечных лучей.

Ожидаемые количественные показатели (по экспертной оценке):

Расчетный коэффициент использования площадей – 85 %.

Прогнозируемое снижение энергозатрат на отопление и кондиционирование – 20 % за счет пассивных решений.

Срок окупаемости дополнительных инвестиций в адаптивность – 7-8 лет за счет аренды помещений под разные функции [6].

Значение: Данный проект демонстрирует, что принципы адаптивности начинают проникать в реальное проектирование для МСГ России, нуждаясь в тиражировании.

Комплексная барьер-ориентированная модель внедрения

Внедрение адаптивной архитектуры в МСГ требует преодоления не столько технологических, сколько институциональных барьеров.

Барьер 1: Консерватизм нормативно-правовой базы.

Проблема: Современные СП и СНиПы не учитывают возможности трансформируемых объемов, смешанного использования и альтернативных источников энергоснабжения.

Решение:

Разработка и утверждение Региональных рекомендаций по адаптивному проектированию, которые могли бы действовать на пилотных территориях.

Внедрение в муниципальные задания для проектных институтов раздела «Адаптивность и гибкость объекта» с конкретными количественными показателями (коэффициент трансформации, целевой показатель энергоэффективности).

Барьер 2: Дефицит финансирования и непонимание ТСО (Total Cost of Ownership).

Проблема: Муниципалитеты ориентируются на минимальные капитальные затраты (CAPEX), игнорируя высокие эксплуатационные расходы (OPEX) статичных зданий.

Решение:

Создание специальной субсидии в рамках государственных программ (например, «Комфортная городская среда»), покрывающей разницу в CAPEX для проектов, демонстрирующих снижение OPEX на 20% и более.

Разработка и внедрение для муниципальных служащих курсов по расчету ТСО, наглядно демонстрирующего экономию в течение 10-15 лет.

Барьер 3: Неподготовленность кадров.

Проблема: Архитекторы и проектировщики в регионах не знакомы с принципами адаптивного проектирования.

Решение:

Организация всероссийских проектных школ и воркшопов на базе опорных университетов (таких как БГТУ им. В.Г. Шухова) с привлечением международных экспертов.

Формирование открытой библиотеки типовых адаптивных решений (BIM-библиотеки) для МСГ, доступной для всех проектировщиков.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что адаптивная архитектура является не просто набором технологических приемов, а новой управленческой логикой для малых и средних городов. Это логика, ставящая во главу угла не первоначальную стоимость, а долгосрочную жизнеспособность, экономическую эффективность и способность среды к эволюции. Предложенная трехуровневая модель и барьер-ориентированная дорожная карта

внедрения представляют собой практический инструментарий для перехода от теории к практике.

Перспективы дальнейших исследований видятся в следующих направлениях:

Детальная проработка экономических моделей: Разработка отраслевых калькуляторов ROI (Return on Investment) для различных типов адаптивных решений в условиях МСГ.

Исследование потенциала локализации производства: Анализ возможностей по налаживанию местного производства умных материалов (например, РСМ на основе местных парафинов) или модульных строительных систем.

Разработка стандартов «цифрового паспорта» адаптивного здания, который бы содержал всю информацию о его трансформационных и энергетических возможностях для будущих пользователей и управляющих компаний.

Успешная реализация этих направлений позволит превратить адаптивную архитектуру из экзотической концепции в рабочий инструмент ежедневной практики по возрождению и устойчивому развитию малых и средних городов России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зубаревич Н.В. Социальное развитие регионов России: проблемы и тенденции переходного периода. – М.: Либроком, 2019. – 264 с.
2. Hensel, M., Menges, A. Versatility and Vicissitude: Performance in Morpho-Ecological Design. – Architectural Design, 2008. – Vol. 78, No. 2. – P. 6-11.
3. Абакумов, Р.Г. Стратегии адаптивного развития малых городов Центрального Черноземья // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2022. – № 5. – С. 34-41.
4. ALA Architects. Kilden Performing Arts Centre: Technical and Performance Report. – 2019. – 45 p.
5. Łódź City Council. Faktoria Revitalization Project: Economic and Environmental Impact Assessment. – 2021. – 62 p.
6. Архитектурное бюро «Проект-Группа». Проектная документация молодежного центра «Вектор». – 2023. – Том 1. Пояснительная записка. – 120 с.
7. Колотвин А.В. Умные города для малых территорий: возможности и ограничения // Экономика и управление народным хозяйством. – 2023. – № 1(48). – С. 88-95.
8. Гордиенко С.Г. Управление развитием моногородов: теория и практика. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2020. – 178 с.

Научное издание

**X Международный строительный форум
молодых ученых - 2025**

Сборник докладов

Ответственный за выпуск **Сулейманова** Людмила Александровна

Компьютерная верстка **Богачева** Марина Александровна

Подписано в печать 23.12.25. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 16,9. Уч.- изд. л. 18,2.

Тираж 50 экз. Заказ № Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете
им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

