

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ивановский государственный политехнический университет»

На правах рукописи



Гневанов Максим Владимирович

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ
ПРОЕКТОВ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ КАК ЭЛЕМЕНТА
УПРАВЛЕНИЯ ИХ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ**

2.1.14. Управление жизненным циклом объектов строительства

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор, советник РААСН
Опарина Людмила
Анатольевна



Иваново – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| ГЛАВА 1. АНАЛИЗ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ..... | 13 |
| 1.1. Обзор и уточнение терминологии, используемой в области ремонтно- строительных работ общественных зданий..... | 13 |
| 1.2. Анализ современного состояния эксплуатационных характеристик общественных зданий в Российской Федерации | 24 |
| 1.3. Теория организационно-технологической надежности и анализ её применения на разных этапах жизненного цикла здания | 31 |
| Выводы по главе 1..... | 41 |
| ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ КАК ЭЛЕМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА | 43 |
| 2.1. Планирование и организация ремонтно-строительных работ на эксплуатационном этапе жизненного цикла объекта недвижимости..... | 43 |
| 2.2. Классификация дефектов элементов зданий | 52 |
| 2.3. Определение факторов, влияющих на трудоемкость выполнения ремонтно-строительных работ | 57 |
| 2.4. Технологии анализа больших данных как инструмент принятия организационно-технологических решений при организации ремонтно- строительных проектов..... | 66 |
| ГЛАВА 3. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ЗДАНИЯ В ТЕЧЕНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА | 74 |
| 3.1. Разработка методики организации ремонтно-строительных проектов и оценки их организационно-технологической надежности | 74 |
| 3.2. Применение регрессии как метода анализа больших данных | 88 |

| | |
|--|-----|
| 3.3. Алгоритм реализации модели оценки вероятности выполнения ремонтно-строительных работ в заданные сроки | 99 |
| 3.4. Алгоритм формирования рациональных организационных решений при управлении ремонтно-строительными проектами для обеспечения организационно-технологической надежности..... | 104 |
| Выводы по главе 3..... | 109 |
| ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ..... | 110 |
| 4.1. Разработка программного комплекса для методики организации ремонтно-строительных проектов на основе технологии анализа больших данных | 110 |
| 4.2. Результаты внедрения разработанной методики в работу ремонтно-строительной компании | 120 |
| 4.3. Перспективные направления дальнейших научных исследований | 128 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 131 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 134 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А. Форма опросного листа | 149 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Форма оценочного листа..... | 150 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ В. Результаты экспертного опроса по факторам, влияющим на трудоемкость..... | 151 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Акт о внедрении | 153 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Справка о внедрении | 154 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ..... | 155 |

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования

Современный подход к управлению строительными объектами основан на управлении их жизненными циклами. Наиболее продолжительным этапом жизненного цикла является этап эксплуатации, в ходе которого основное внимание уделяется поддержанию объектов в работоспособном состоянии. Для этого осуществляется мониторинг ключевых показателей состояния здания, а также планирование и организация ремонтно-строительных работ (РСР) как отдельных проектов, имеющих свой жизненный цикл и влияющих на эффективность управления объектом на основных этапах жизненного цикла отремонтированного объекта строительства, начиная от процесса проектирования до момента его ликвидации.

В процессе эксплуатации зданий реализуется ряд проектов по организации и выполнению ремонтно-строительных работ. От эффективности управления этими проектами зависят надежность, качество и продолжительность эксплуатации зданий. Следовательно, ремонтно-строительные работы представляют собой не просто комплекс работ, а отдельные проекты, эффективное управление которыми является одним из ключевых элементов управления жизненным циклом. Ремонтно-строительные проекты (РСП) могут подразумевать текущий и капитальный ремонты, а также работы по реконструкции и реставрации здания. На проведение подобных работ требуется определенное количество финансовых, материальных и трудовых ресурсов, которые планируются в рамках управления соответствующими проектами. Особенности общественных зданий заключаются в многофункциональности помещений, значительном количестве инженерных систем, высокой интенсивности эксплуатации. Для таких объектов характерны повышенные требования к безопасности, надежности, а также к соблюдению санитарных, противопожарных и архитектурных норм. Это обуславливает необходимость ремонтов, а также применение более гибких и технологичных методов управления ремонтно-строительными проектами.

В настоящее время управление жизненным циклом зданий, построенных после 2021 года и попадающих под действие Постановления Правительства РФ от 5

марта 2021 г. № 331, осуществляется с использованием информационной модели объекта капитального строительства. РСП таких зданий реализуются на основе информационной модели, что позволяет сократить сроки и повышает эффективность управления их жизненным циклом. Однако подавляющее большинство зданий в России построено до внедрения технологий информационного моделирования (ТИМ), и в настоящее время они находятся на различных стадиях эксплуатационного этапа их жизненного цикла и, соответственно, требуют проведения различного вида ремонтно-строительных работ. Отличительными особенностями общественных зданий, построенных до внедрения ТИМ, являются отсутствие информационных моделей, низкий уровень оцифровки технических паспортов, журналов осмотров, а также возможное отсутствие отчетов о проводимых осмотрах и документации о ранее выполненных работах.

С учетом сложности, многоаспектности и масштабности обозначенной проблемы акцент в диссертационном исследовании сделан на реализацию ремонтно-строительных проектов общественных зданий как важный элемент управления их жизненным циклом. Выбор общественных зданий обусловлен тем, что проведение ремонтно-строительных работ в них в настоящее время не имеет строгих регламентов и четко определенных источников финансирования. Таким образом, повышение эффективности управления жизненными циклами общественных зданий за счет совершенствования управления ремонтно-строительными проектами является важной и актуальной научно-практической задачей.

В связи с развитием цифровой экономики, широким внедрением ТИМ, искусственного интеллекта, требуются разработка новых и совершенствование существующих методов реализации РСП. Эффекты от цифровизации уже сейчас порождают коренные изменения в областях науки и техники. Одной из прогрессивных и нарастающих цифровых технологий является анализ больших данных, позволяющий формировать и принимать наиболее рациональные решения о составе, объемах, продолжительности выполнения работ, а также о затратах на их реализацию. Это, в свою очередь, повышает эффективность организационно-технологических решений, направленных на устранение дефектов ремонтируемого здания, и, как

следствие, обеспечивает повышение эффективности управления его жизненным циклом. Критерием эффективности управления ремонтно-строительным проектом и оценки принимаемых организационно-технологических решений является уровень организационно-технологической надежности (ОТН). Под ОТН понимается способность организационных, технологических, экономических решений обеспечивать достижение заданного результата строительного производства в условиях случайных возмущений, присущих строительству как сложной стохастической системе (А.В. Гинзбург и др.).

Степень разработанности исследуемой проблемы

Теоретическим и практическим вопросам организации ремонтно-строительных работ посвящены исследования ряда ученых, к которым следует отнести Шрейбера А.К., Олейника П.П., Попову О.Н., Порывай Г.А., Ройтмана А.Г., Король Е.А., Шрейбера К.А и других. Тема повышения и обеспечения организационно-технологической надежности отражена в трудах известных ученых, таких как Гинзбург А.В., Гусаков А.А., Зильберова И.Ю., Седых Ю.И., Чулков В.О., Шалягин Г.Л. и другие. Большое внимание вопросам управления жизненным циклом объектов капитального строительства уделено в научных трудах Волкова А.А., Карелина Д.В., Лapidуса А.А., Мищенко В.Я., Наумова А.Е., Опариной Л.А., Петрухина А.Б., Римшина В.И., Суворовой М.О., Сулеймановой Л.А., Топчого Д.В., Федосова С.В., Чельшкова П.Д. и других учёных.

Несмотря на большое количество исследований, посвященных повышению ОТН в отдельных аспектах организации строительства, в том числе организации ремонтных работ различных типов зданий, вопрос реализации ремонтно-строительных проектов как элемента управления жизненным циклом общественных зданий остается недостаточно разработанным. Мало изучены подходы, интегрирующие принципы системотехнического и проектного управления с технологиями анализа данных и цифровой поддержки управленческих решений. Кроме того, практически отсутствуют исследования, в которых управление ремонтно-строительными проектами рассматривается как один из ключевых аспектов, влияющих на управление жизненным циклом объектов недвижимости.

Научно-техническая гипотеза состоит в том, что возможно повысить эффективность управления жизненным циклом общественных зданий путём организации ремонтно-строительных проектов в условиях ограниченных ресурсов на основе применения технологии анализа больших данных.

Целью исследования является разработка научно обоснованного метода организации ремонтно-строительных проектов общественных зданий для управления их жизненным циклом на основе применения технологии анализа больших данных.

В соответствии с поставленной целью были сформулированы и решены следующие задачи:

1. Исследование состояния проблемы, систематизация научных подходов к управлению ремонтно-строительными проектами в течение жизненного цикла общественных зданий с учётом их специфики.

2. Оценка влияния ремонтно-строительных работ на продолжительность этапов жизненного цикла объекта строительства.

3. Анализ существующих методов машинного обучения как инструмента анализа больших данных с целью их применения при организации ремонтно-строительных проектов.

4. Разработка блок-схемы организации ремонтно-строительных работ общественных зданий.

5. Разработка структуры взаимосвязанных классификаторов для организации: классификатора общественных зданий, классификатора элементов зданий и классификатора дефектов.

6. Создание математической модели оценки вероятности выполнения ремонтно-строительных работ в заданные сроки и алгоритма формирования рациональных решений при организации ремонтно-строительных проектов, основанного на анализе больших данных.

7. Разработка программного комплекса, реализующего предложенного метода, и внедрение результатов исследования.

Объектом диссертационного исследования являются общественные здания, находящиеся на эксплуатационном и последующих этапах их жизненного

цикла, в отношении которых осуществляется организация ремонтно-строительных проектов.

Предметом диссертационного исследования является процесс организации ремонтно-строительных работ и реализации ремонтно-строительных проектов в рамках управления жизненным циклом общественных зданий.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем: разработан научно обоснованный метод организации ремонтно-строительных проектов общественных зданий как элемент управления их жизненным циклом, а именно:

1. Разработана блок-схема организации ремонтно-строительных работ общественных зданий, включающая методы цифрового анализа данных и прогнозирования трудоёмкости работ, а также установленные на основе экспертных оценок факторы, влияющие на их выполнение, что отличает её от существующих подходов и обеспечивает возможность эффективного управления жизненным циклом зданий.

2. Предложена структура классификатора элементов и классификатора дефектов зданий, обеспечивающая возможность интеграции в единую систему хранения и анализа данных, формируемую в течение их жизненного цикла.

3. Создана математическая модель оценки вероятности выполнения ремонтно-строительных работ в заданные сроки, отличающаяся от существующих моделей учетом влияния неструктурированных факторов, которые являются ключевым элементом анализа больших данных, и позволяющая учитывать их изменчивость в условиях неопределенности и ограниченной доступности ресурсов, характерных для ремонтно-строительных проектов.

4. Предложен алгоритм формирования рациональных решений при реализации ремонтно-строительных проектов, основанный на технологии анализа больших данных и позволяющий учитывать влияние неструктурированных факторов при принятии управленческих решений в условиях неопределенности и ограниченной доступности ресурсов в течение жизненного цикла зданий.

Теоретическая значимость результатов работы заключается в развитии теоретических знаний в области реализации ремонтно-строительных проектов: определены основные процедуры формирования организационно-технологических и управленческих решений, принимаемых в течение жизненного цикла общественных зданий.

Также выявлены неструктурированные факторы, влияющие на продолжительность выполнения работ в рамках реализации ремонтно-строительных проектов.

Практическая значимость работы состоит в:

– возможности применения разработанной методики в деятельности управляющих и девелоперских компаний, а также организаций, выполняющих ремонтно-строительные работы общественных зданий с целью повышения их организационно-технологической надёжности и продления их жизненного цикла;

– возможности по результатам заполнения информации об общественном здании получать достоверную информацию о зданиях-аналогах по типам зданий и перечням дефектов;

– возможности при управлении ремонтно-строительным проектом обратиться к информационной базе, содержащей рекомендации по устранению того или иного дефекта;

– разработке рекомендаций по организации и проведению ремонтно-строительных работ в общественных зданиях в рамках управления ремонтно-строительным проектом за счет корректировки календарного плана посредством учета трудоемкости отдельных видов работ и численности трудового ресурса;

– наполнении классификатора дефектов описаниями типовых дефектов для различных видов зданий и способов их устранения.

Методология и методы исследования

Теоретической и методологической основой данной работы служат результаты фундаментальных и прикладных исследований в области проведения ре-

монтажно-строительных работ зданий, а также научные подходы к управлению проектами в течение жизненного цикла зданий. В исследовании использованы методические материалы, посвящённые вопросам организации и планирования работ, а также современные подходы к анализу данных с применением методов машинного обучения. В работе использовались системный анализ, теория вероятностей, математическое моделирование, экспертные оценки, методы анализа больших данных, математическая статистика. Информационной базой исследования являются данные организаций Москвы и Московской области о проводимых ремонтно-строительных работах в общественных зданиях: статистика, внутренняя документация (наряды, журналы учёта), сведения о дефектах, а также нормативные документы (ГОСТы, рекомендации, акты).

Личный вклад автора заключается в активном участии во всех этапах исследования, включая сбор, анализ и систематизацию теоретических данных, личном проведении всех экспериментов, самостоятельном формулировании положений, представленных на защиту, формулировании научной новизны и выводов. Все результаты диссертационного исследования получены автором лично.

Положения, выносимые на защиту:

1. Разработанная блок-схема организации ремонтно-строительных работ в рамках управления ремонтно-строительным проектом общественных зданий в течение их жизненного цикла.

2. Разработанная система взаимосвязанных классификаторов: классификатора элементов и классификатора дефектов зданий.

3. Математическая модель оценки вероятности выполнения ремонтно-строительных работ в заданные сроки, позволяющая учитывать их изменчивость в условиях неопределенности и ограниченной доступности ресурсов, характерных для ремонтно-строительных проектов.

4. Разработанный алгоритм формирования рациональных решений при организации ремонтно-строительных проектов для обеспечения организационно-технологической надежности.

Степень достоверности результатов исследования обусловлена:

- использованием принципов системного подхода;
- использованием теории организационно-технологической надёжности;
- сходимостью данных, полученных в результате проведенных исследований, со статистическими данными, представленными организациями, занимающимися ремонтно-строительными работами;
- применением методов машинного обучения как инструмента анализа больших данных.

Апробация результатов исследования

Основные положения диссертации были изложены на следующих научно-практических конференциях: Международная научно-практическая конференция: «Синтез науки и общества в решении глобальных проблем современности» (2019 г., Самара); Международная научно-практическая конференция: «Чистая наука» как парадигма технико-технологического прогресса (2020 г., Стерлитамак); Международная научно-практическая конференция: «Проблемы методологии и опыт практического применения синергетического подхода в научных исследованиях» (2020 г., Самара); Международная научно-практическая конференция: «Инструменты и механизмы устойчивого инновационного развития» (2022 г., Уфа); Международная научно-практическая конференция: «Эффективное управление инновационными процессами в условиях цифровой трансформации» (2022 г., Уфа); Национальная научно-техническая конференция: «ПОИСК-2024» (2024 г., Иваново); X Международная научно-практическая конференция кафедр организационно-технологического профиля строительных вузов и технических университетов (Technology, Organization and Management in Construction 2024), (2024 г., Москва); Национальная (с международным участием) молодежная научно-техническая конференция: «ПОИСК» (2026 г., Иваново).

Публикации. Основное содержание работы по теме диссертации изложено в 19 научных работах, в их числе 3 публикации в изданиях, включенных в перечень

рецензируемых научных изданий по научной специальности 2.1.14, и 3 работы в научном издании, входящем в международную реферативную базу Scopus.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, основной части, включающей 4 главы, заключения, списка литературы и 6 приложений. Общий объем диссертации составляет 155 страниц, работа содержит 45 рисунков, 24 таблицы и 6 приложений. Список литературы насчитывает 156 наименований.

Содержание диссертации соответствует п. 4, 5, 7 паспорта специальности 2.1.14. – Управление жизненным циклом объектов строительства:

п. 4. Исследование, формирование теоретических подходов к проектному управлению и планированию производственных процессов, в том числе в условиях неопределенности и риска. Разработка методов построения и развития проблемно-ориентированных систем управления на основе цифровой интеллектуальной поддержки принятия эффективных решений, нечеткого моделирования, оптимизации функционирования объектов капитального строительства на всех этапах их жизненного цикла.

п. 5. Исследование и разработка методов и алгоритмов использования и управления данными информационных моделей объектов капитального строительства на всех этапах их жизненного цикла, включая: сбор, хранение, обработку, интеграцию и передачу данных, их мониторинг, актуализацию и анализ, валидацию и верификацию. Исследование и разработка моделей информационных процессов и структур, алгоритмов визуализации, трансформации и анализа информации, синтеза виртуальной и дополненной реальности.

п. 7. Разработка методов и средств организации и управления жизненным циклом объектов капитального строительства в условиях ограничения доступности ресурсов, а также технических, экономических, экологических, социальных и других видов рисков. Методы и алгоритмы прогнозирования и оценки эффективности, качества и надежности строительных систем, поддержка принятия организационно-технических решений на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

1.1. Обзор и уточнение терминологии, используемой в области ремонтно-строительных работ общественных зданий

Жизненный цикл здания – 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 (Федеральный закон №384 от 23.12.2009 г. «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений») [120].

Управление жизненным циклом зданий и других объектов капитального строительства основано на реализации множества взаимосвязанных проектов, каждый из которых имеет свой собственный жизненный цикл [82]. Эти проекты охватывают весь процесс создания, эксплуатации, модернизации и вывода из эксплуатации зданий и сооружений. На каждой стадии жизненного цикла реализуется определенный ряд задач, решение которых, как правило, происходит в составе определенных проектов [83]. Концепция жизненных циклов является одной из составляющих современной методологии управления различными процессами, в том числе и строительными проектами [39, 122].

Для системного подхода к управлению жизненным циклом важно учитывать как технические, так и организационно-экономические аспекты на каждом этапе. На рисунке 1.1. представлена обобщенная структура жизненного цикла объекта капитального строительства, в которой показаны основные проекты, реализуемые в рамках ключевых стадий жизненного цикла.

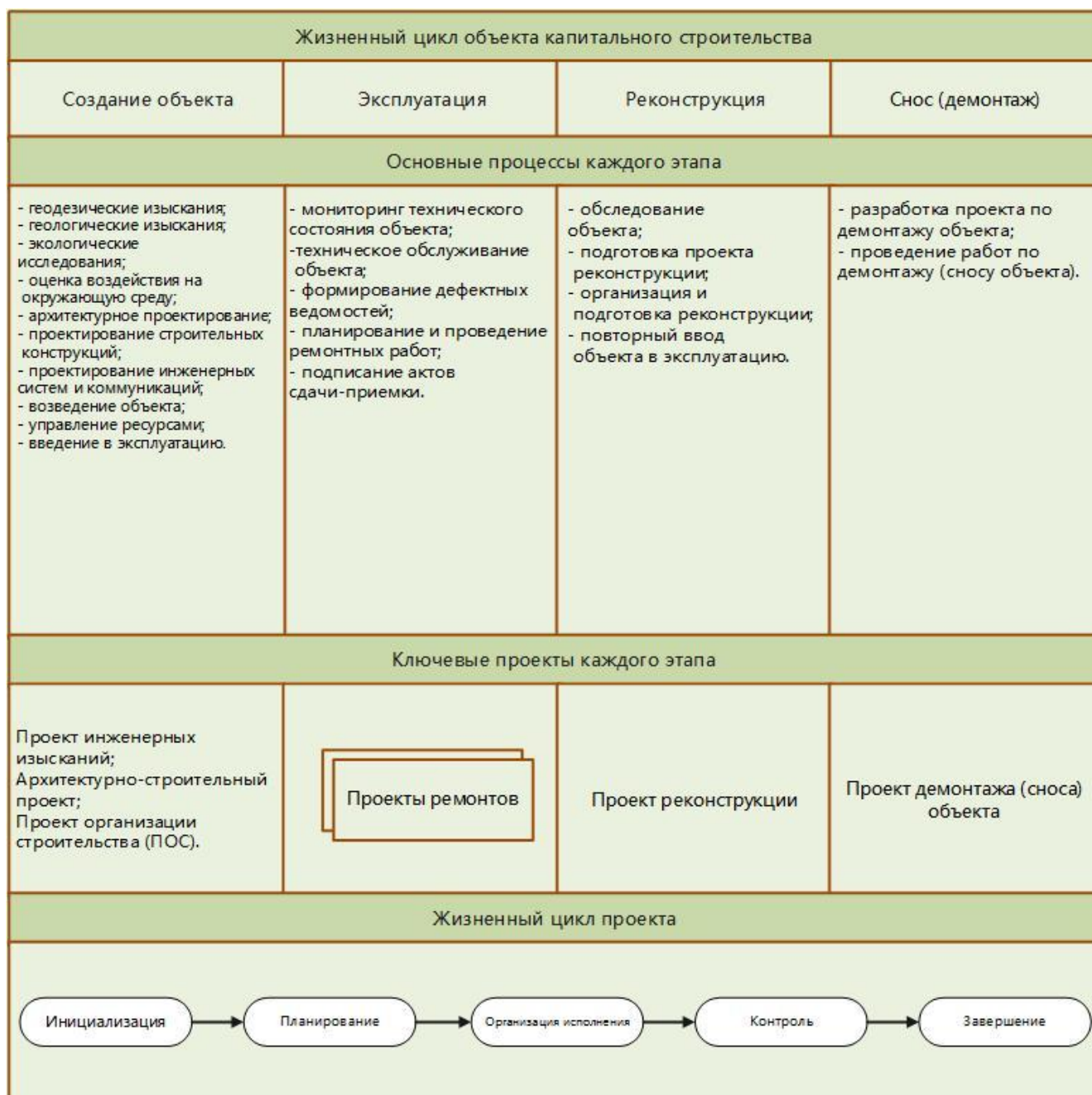


Рисунок 1.1. Проекты в составе жизненного цикла объекта капитального строительства

Эффективное управление жизненным циклом зданий и других объектов капитального строительства зависит от эффективности управления входящими в него проектами на всех этапах – от проектирования и строительства до эксплуатации, реконструкции и демонтажа. В соответствии с ГОСТ Р 54869–2011 под проектом подразумевается комплекс взаимосвязанных мероприятий, направленный на созда-

ние уникального продукта или услуги в условиях временных и ресурсных ограничений [35]. Управление проектом включает планирование, организацию и контроль трудовых, финансовых и материально-технических ресурсов для эффективного достижения его целей. В соответствии с ГОСТ Р ИСО 21500-2014 у проекта есть свой жизненный цикл, представляющий определенную последовательность фаз, продолжающуюся от начала до окончания проекта [40].

Особую сложность представляет управление этапом эксплуатации, поскольку именно на этом этапе формируется необходимость в ремонтах, реконструкции и принятии решений о дальнейшем использовании объекта. На рисунке 1.2 представлена структурная схема, раскрывающая связи между элементами, влияющими на управление эксплуатацией объекта капитального строительства.



Рисунок 1.2. Схема управления жизненным циклом объекта капитального строительства в нотации IDEF0

На рисунке 1.2 видно, что ремонтно-строительные проекты, реализуемые в течение периода эксплуатации, являются важным элементом управления жизненным циклом зданий и других объектов капитального строительства в целом, так

как они направлены на поддержание необходимого уровня организационно-технологической надёжности и увеличение продолжительности жизненного цикла объектов.

Строительство является одной из самых трудоемких и сложных отраслей, так как задействуется большое количество ресурсов, при этом требуются тщательное планирование и организация проведения как строительных, так и ремонтно-строительных работ. После того как здание построено и сдано в эксплуатацию, начинается следующий этап его жизненного цикла – это процесс эксплуатации, который включает в себя выполнение определённых задач для поддержания необходимых эксплуатационных характеристик объекта и уровня организационно-технологической надёжности. Одним из ключевых проектов этой стадии является проведение ремонтно-строительных работ, цель которых – продление сроков службы здания и повышение его надёжности в соответствии с нормативными требованиями. Производство ремонтно-строительных работ обладает характеристиками проекта, что позволяет рассматривать их как отдельные управляемые процессы в рамках жизненного цикла общественных зданий [145, 146]. Основные признаки, подтверждающие, что проведение ремонтно-строительных работ – это проекты:

1. Уникальность.

Каждый РСП имеет индивидуальные характеристики:

- разные объекты с различной степенью износа;
- разные технические решения и технологии проведения работ;
- различные условия выполнения (стесненность, погодные условия и т. д.).

2. Ограниченность по временному ресурсу:

- каждый проект ремонта имеет начало (инициализацию) и окончание (сдачу работ);
- сроки выполнения зависят от проектных решений и организационных факторов.

3. Наличие конкретных целей:

- устранение выявленных дефектов;
- приведение здания к нормативному состоянию.

4. Наличие проектного подхода:

- разработка организационно-технологических решений;
- контроль над выполнением работ.

РСР уместно рассматривать как проект, реализуемый в рамках управления жизненным циклом объекта. Для эффективного управления таким проектом требуется учет специфических особенностей.

Методы организации РСР для жилых и общественных зданий схожи. Как правило, нормативная документация содержит информацию по жилым зданиям и частично по общественным [10, 12, 13, 16, 11, 8, 9, 14, 15]. В реальной практике организации и проведения РСР общественные здания имеют свои особенности, которые необходимо учитывать при проведении работ [71].

Важным документом при оценке технического состояния объекта и проведении ремонтных работ являются Ведомственные строительные нормы (ВСН), представленные в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Ведомственные строительные нормы в области эксплуатации и ремонта

| № | Документ | Название документа | Охват категорий зданий | Комментарии |
|---|--------------|--|-----------------------------|---|
| 1 | ВСН 53-86(р) | Правила оценки физического износа жилых зданий | Жилые здания | Оценка физического износа как основа для принятия решений о ремонте |
| 2 | СН 57-88(р) | Положение по техническому обследованию жилых зданий | Жилые здания | Методология технического обследования как инструмент диагностики |
| 3 | ВСН 58-88(р) | Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения | Жилые и общественные здания | Комплексный подход к организации ремонтно-строительных работ |
| 4 | ВСН 61-89(р) | Реконструкция и капитальный ремонт жилых домов. Нормы проектирования | Жилые здания | Нормативное регулирование проектирования реконструкции |

| № | Документ | Название документа | Охват категорий зданий | Комментарии |
|---|--------------|---|-----------------------------|---|
| 5 | ВСН 55-87(р) | Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на капитальный ремонт жилых зданий | Жилые здания | Формирование проектно-сметной документации как один из ключевых этапов организации ремонта |
| 6 | ВСН 41-85(р) | Инструкция по разработке проектов организации и проектов производства работ по капитальному ремонту жилых зданий | Жилые здания | Планирование и проектирование ремонтных работ |
| 7 | ВСН 42-85(р) | Правила приемки в эксплуатацию законченных капитальным ремонтом жилых зданий | Жилые здания | Определение критериев и оценки качества ремонта |
| 8 | ВСН 59-88 | Электрооборудование жилых и общественных зданий. Нормы проектирования | Жилые и общественные здания | Разработка проектных решений для электроснабжения реконструируемых и капитально ремонтируемых жилых и общественных зданий |
| 9 | ВСН 60-89 | Устройства связи, сигнализации и диспетчеризации инженерного оборудования жилых и общественных зданий | Жилые и общественные здания | Нормы на проектирование связи, сигнализации и диспетчеризации инженерного оборудования |

Часть из представленных ВСН не является действующей документацией, но некоторые из них используются до сих пор. В частности, согласно приказу Министра РФ № 427/пр от 4.08.2014 года, при определении необходимости проведения капитального ремонта рекомендуется применять ведомственные строительные нормы [73]. Исходя из анализа, многие ВСН ориентированы на жилые здания, и лишь небольшая их часть на общественные, без описания единого системного подхода.

В рамках исследования был проведен анализ некоторых сводов правил (СП) и ГОСТов, касающихся нормативной документации по текущему и капитальному ремонту зданий (таблица 1.2 и 1.3) [108, 109, 111, 112, 36, 37, 33].

Таблица 1.2

Перечень сводов правил в области эксплуатации, обслуживания и ремонта

| № | Свод правил | Наименование | Область применения | Комментарий |
|---|------------------------|---|--|---|
| 1 | СП 255.1325800.2016 | Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения | Устанавливает общие требования к эксплуатации зданий и сооружений, включая аспекты текущего и капитального ремонта | Определяет понятия текущего и капитального ремонта, однако не предоставляет детальных инструкций по их проведению |
| 2 | СП 368.1325800.2017 | Здания жилые. Правила проектирования капитального ремонта | Регламентирует проектирование капитального ремонта жилых зданий | Фокусируется на жилых зданиях; отсутствуют конкретные указания для общественных зданий |
| 3 | СП 48.13330.2019 | Организация строительства | Определяет требования к организации строительных работ, включая капитальный ремонт | Содержит общие положения по организации капитального ремонта, без детальной проработки процедур для общественных зданий |
| 4 | СП 394.1325800.2018 | Здания и комплексы высотные. Правила эксплуатации | Устанавливает правила эксплуатации высотных зданий и комплексов, включая аспекты текущего и капитального ремонта | Допускается применять к общественным зданиям высотой более 50 м |
| 5 | СП 118.13330.2022 | Общественные здания и сооружения | Устанавливает требования к общественным зданиям на различных стадиях ЖЦ | Не содержит методов оценки организационно-технологической надежности при реализации РСП |

Таблица. 1.3

Перечень ГОСТов в области эксплуатации, обслуживания и ремонта

| № | ГОСТ | Наименование | Область применения | Комментарий |
|---|-------------------|--|--|--|
| 1 | ГОСТ Р 56535-2015 | Услуги жилищно-коммунального хозяйства и управления многоквартирными домами. Услуги текущего ре- | Устанавливает требования по текущему ремонту многоквартирных домов | Определяет понятие текущего ремонта, но не содержит четкого разграничения с капитальным ремонтом |

| № | ГОСТ | Наименование | Область применения | Комментарий |
|---|-------------------|---|--|--|
| | | монта общего имущества многоквартирных домов. Общие требования | | |
| 2 | ГОСТ Р 56193-2024 | Услуги жилищно-коммунального хозяйства и управления многоквартирными домами. Услуги капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов. Общие требования | Устанавливает требования по капитальному ремонту многоквартирных домов | Делается акцент на жилые здания, отсутствует стандарт капитального ремонта для общественных зданий |
| 3 | ГОСТ 31937-2011 | Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния | Устанавливает порядок проведения обследования и мониторинга технического состояния объекта | Не содержится четких разграничений текущего и капитального ремонта |

Исходя из анализа нормативной документации, можно сделать следующие выводы:

1. Значительная часть существующей нормативной документации разрабатывалась с акцентом на жилые здания, что усложняет ее применение к общественным из-за наличия особенностей, включающих требования безопасности и эксплуатационные особенности.
2. Документация содержит общие требования к ремонтным работам, но в ней отсутствует единый системный подход к организации ремонтно-строительных проектов и управлению ими в общественных зданиях.
3. В ряде документов нет четких критериев различий текущего и капитального ремонтов.

Поэтому, несмотря на акцент на общественные здания в рамках диссертационного исследования, исследуется и нормативная литература по жилым зданиям.

По вопросам, связанным с организацией, проведением ремонтных работ и обслуживанием зданий, разработаны различные нормативные документы и рекомендации, в которых приведены определения, требующие рассмотрения [86,8, 9, 11, 13, 14].

Конструкция – часть здания, выполняющая определённые несущие, ограждающие или эстетические функции. Дефект – неисправность в конструкции, возникающая на стадии проектирования, транспортировки и монтажа. Повреждение – изменение в конструкции и её защите по сравнению с первоначальным состоянием, возникшее в период эксплуатации и ухудшающее её надёжность, эксплуатационные свойства и сокращающее срок службы. В рамках диссертационного исследования использовано понятие дефекта как общего, связанного с нарушением конструкций и элементов конструкций. Элемент – часть конструктива здания, имеющая функциональную завершенность и рассматриваемая при анализе дефектов [22].

Одним из важных понятий, характеризующих жизненный цикл здания, является долговечность. Порывай Г.А. под долговечностью здания подразумевает «сохранение работоспособности до наступления предельного состояния здания с перерывами для ремонтно-наладочных работ и внезапно возникающих неисправностей» [93]. Различают физическую и моральную долговечность и обратные им понятия – физический износ и моральный износ (старение). Физическая долговечность связана с изменением физико-химических свойств материалов, моральная долговечность определяется соответствием зданий и сооружений по геометрическим размерам, благоустройству, архитектуре, технологической оснащённости и т.д. своему функциональному назначению. В практике строительства зданий предусмотрено три степени долговечности: с повышенным сроком службы (не менее 100 лет), со средним сроком службы (не менее 50 лет), с пониженным сроком службы (не менее 20 лет). Под физическим износом понимают потерю зданием с течением времени несущей способности (прочности, устойчивости), снижение тепло- и звукоизоляционных свойств, водо- и воздухопроницаемости. Процент износа зданий определяют по срокам службы или фактическому состоянию конструкций [72, 93, 104]. Одним из основных нормативных документов, в котором изложен метод оценки физического износа зданий и сооружений, является ВСН 53-86(р).

Кроме физического износа, эксплуатационное состояние здания определяется моральным износом/старением. Под моральным износом подразумевается несоответствие здания своему функциональному назначению, возникающее под влиянием технического прогресса. Различают две формы морального износа: М1 и М2. К моральному износу формы М1 относится уменьшение с течением времени первоначальной стоимости здания, то есть обесценивание построенных зданий [47, 93, 104]. Оно может быть связано с появлением более дешевых и долговечных материалов и снижением затрат необходимого труда на подобных объектах на момент оценки. Более трудно прогнозируемым является М2. Моральный износ второго типа определяет старение здания и его элементов по отношению к существующим на момент оценки объемно-планировочным, санитарно-гигиеническим, конструктивным и другим требованиям [93].

Для увеличения физической долговечности важным фактором является соблюдение временных требований и этапов проведения планово-предупредительных ремонтов. Цель данных ремонтов – поддержание или восстановление эксплуатационных параметров конструкций и оборудования, которые были установлены изначально.

Текущий ремонт – это один из основополагающих видов ремонта, задача которого – предупреждение преждевременного износа различных элементов зданий [48]. Решение данной задачи осуществляется путем устранения мелких дефектов различного рода. В соответствии с нормативной документацией существует два вида текущего ремонта: профилактический и непредвиденный.

Первый вид – профилактический ремонт – является важным при устранении мелких дефектов и восстановлении защитных покрытий различных элементов зданий (восстановление защитных слоев кровли, покраска фасадов, и т.д.). Второй вид текущего ремонта – непредвиденный, он проводится с целью устранения отказов в работе ограждающих конструкций, электротехнического или санитарно-технического оборудования. Из самого названия следует, что необходимость в проведении

данного вида ремонта может возникнуть в неопределенный момент времени. Подобные работы могут выполняться, например, при протечках кровли, отслоениях штукатурки и т.д. [51, 27, 30, 88].

Капитальный ремонт является важнейшей частью технической эксплуатации здания и служит для восстановления утраченных эксплуатационных качеств конструкций и/или технического оборудования и повышения их надежности [93, 88, 153, 154]. Различают два вида капитального ремонта: комплексный и выборочный. Комплексный капитальный ремонт подразумевает работы по замене изношенных конструкций и элементов здания на более прочные и экономичные, а также может включать частичную перепланировку помещений. Выборочный капитальный ремонт проводится при внезапном отказе строительных конструкций или элементов здания, а также при исчерпании нормируемого срока проведения капитального ремонта [110].

Важным элементом системы управления жизненным циклом зданий и других объектов капитального строительства является реконструкция. В процессе проведения реконструкции зданий различного вида изменяются объемно-планировочные решения, и может возникнуть потребность в усилении строительных конструкций, согласно требуемым условиям эксплуатации. Работы по реконструкции имеют ряд особенностей по сравнению с капитальным ремонтом [138, 152]. Они требуют специальных нормативных документов, разработки специфических решений, более высоких компетенций и опыта специалистов, реконструкция зачастую связана с более сложными задачами, требующими обширного анализа и специфического подхода. Капитальный ремонт является более распространенной и ежедневной практикой в строительной отрасли, чем реконструкция.

Таким образом, учитывая перечисленные факторы, в рамках диссертационного исследования акцент делается на ремонтно-строительные проекты, подразумевающие работы, выполняемые при текущем и капитальном ремонтах.

Реализация ремонтно-строительных проектов становится необходимым элементом управления жизненным циклом зданий вследствие их износа, вызванного

действием времени, внешней среды, особенностями эксплуатации, а также возможными дефектами проектирования или строительства [96]. Объёмы, методы и сроки выполнения РСП зависят от степени физического и функционального износа, условий эксплуатации и назначения объекта. В ряде случаев для принятия решения о ремонте требуется проведение технического обследования, регламентированного ГОСТ 31937-2011, которое позволяет определить текущее состояние элементов здания и обосновать состав необходимых мероприятий. Всё это подтверждает важность проектного подхода к ремонтно-строительным работам, реализуемым на стадии эксплуатации зданий, особенно в общественном фонде, где предъявляются повышенные требования к качеству, безопасности и срокам выполнения.

1.2. Анализ современного состояния эксплуатационных характеристик общественных зданий в Российской Федерации

По данным статистических сборников, материалов Росстата, а также справочников Министерства строительства СССР и Российской Федерации значительное количество общественных зданий в РФ было введено в эксплуатацию в период до 1991 года (рис. 1.3, рис. 1.4). В соответствии с оценками, основанными на среднем сроке службы конструктивных элементов зданий (ГОСТ 31937–2011), многие из таких объектов на сегодняшний день имеют физический износ на уровне 50–70 %, что обуславливает необходимость проведения ремонтно-строительных работ путём реализации РСП [57, 101, 113].

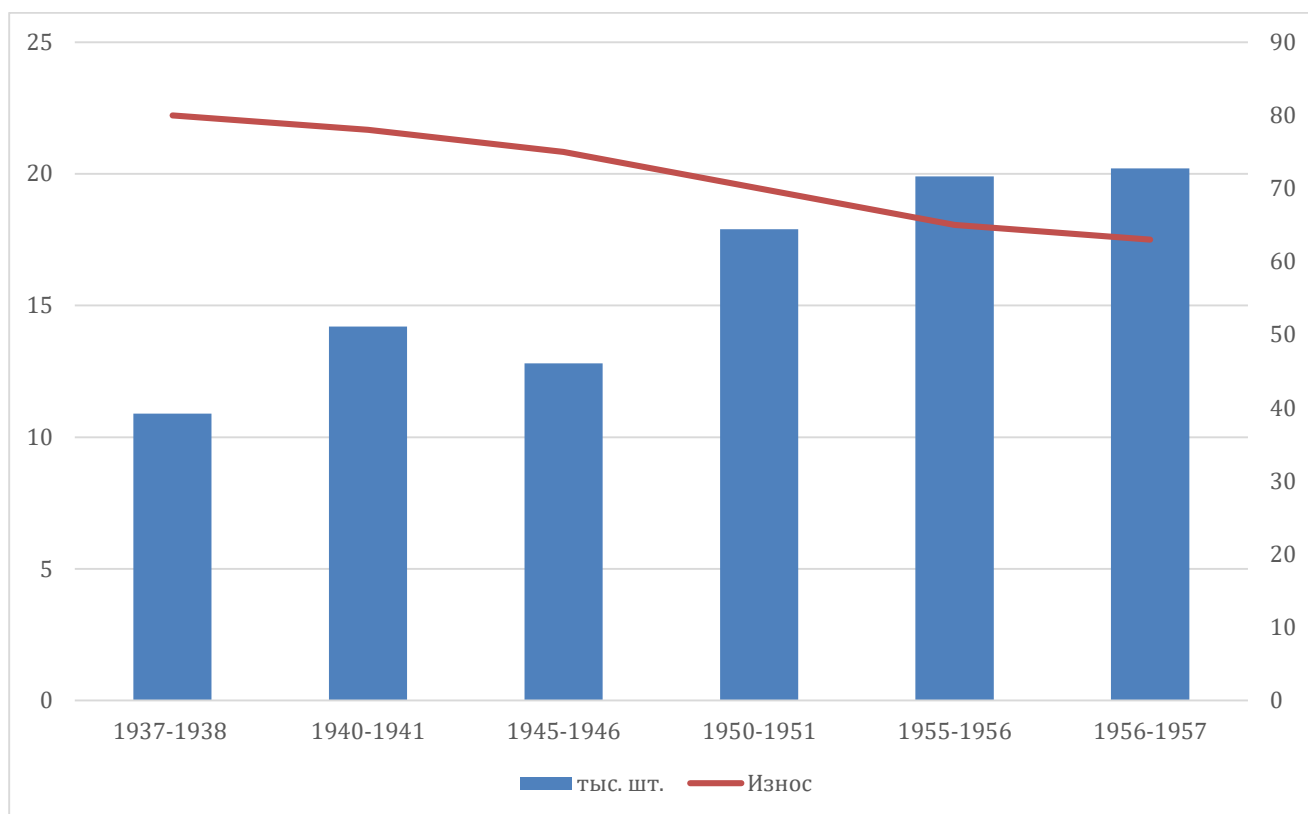


Рисунок 1.3. Сводные данные о школах, построенных в период 1937-1957 годов

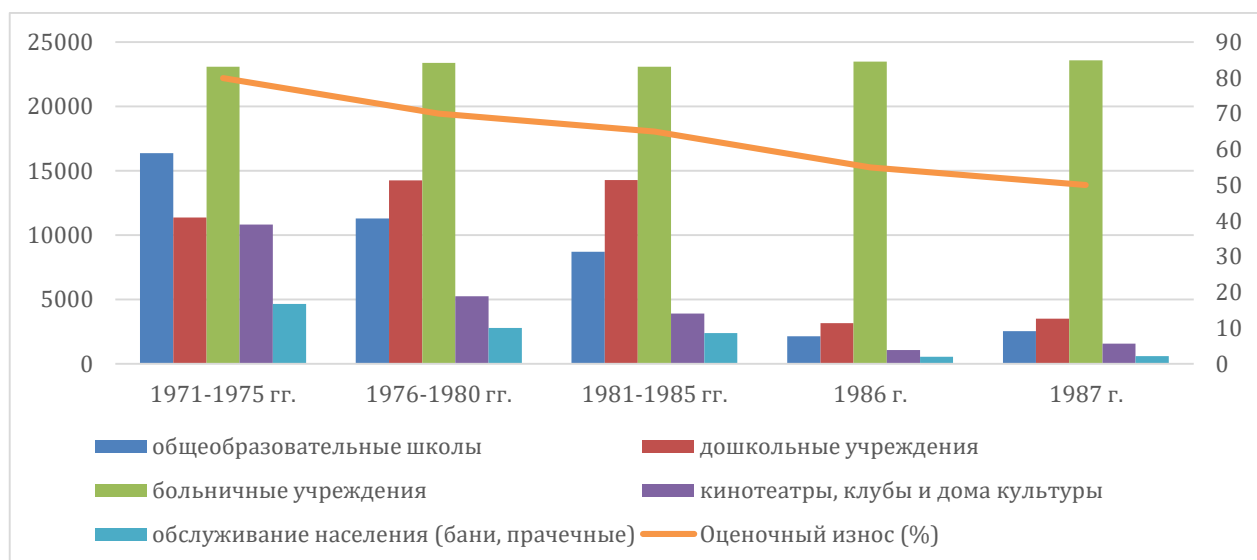


Рисунок 1.4. Количество общественных зданий, введенных в эксплуатацию в различные периоды существования СССР, шт.

В процессе старения зданий изнас конструкций и инженерных систем растёт неравномерно [144]. Сначала процессы ухудшения здания малозаметны, однако со

временем они проявляются ускоренно за счёт накопления скрытых дефектов и морального устаревания инженерных решений. Поэтому зависимость между возрастом зданий и уровнем их износа можно приблизительно аппроксимировать экспоненциальной кривой, что особенно важно при обосновании необходимости реализации ремонтно-строительных проектов.

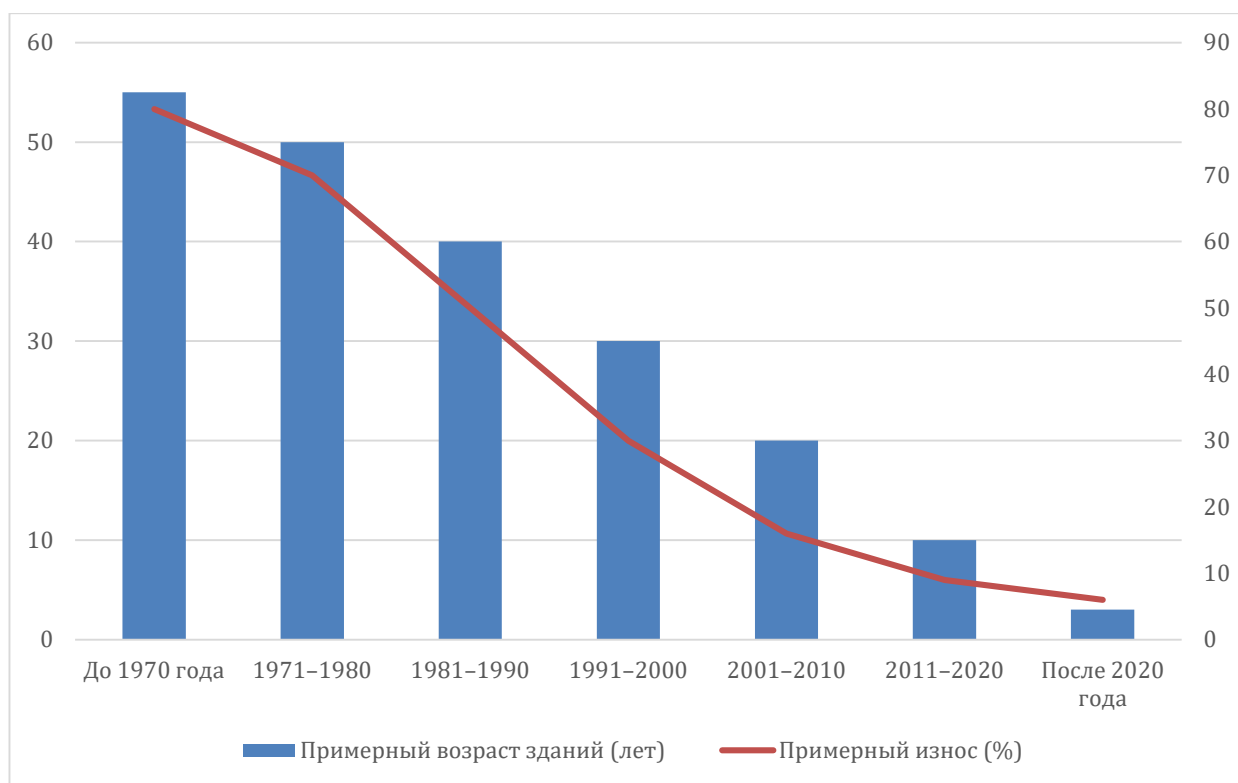


Рисунок 1.5. Гистограмма зависимости возраста здания и износа

В период современной России (с 1991 г.) динамика ввода в эксплуатацию общественных зданий различного назначения положительная (рис 1.6), каждый год вводится порядка 15 тыс. шт. Однако большинство из них введено в эксплуатацию до широкого применения технологий информационного моделирования (ТИМ). Цифровое моделирование на этапе проектирования таких объектов не осуществлялось, а планирование ремонтно-строительных проектов таких зданий базируется на осмотрах. Отсутствие оцифрованных данных мониторинга состояния элементов значительно затрудняет организацию РСП.

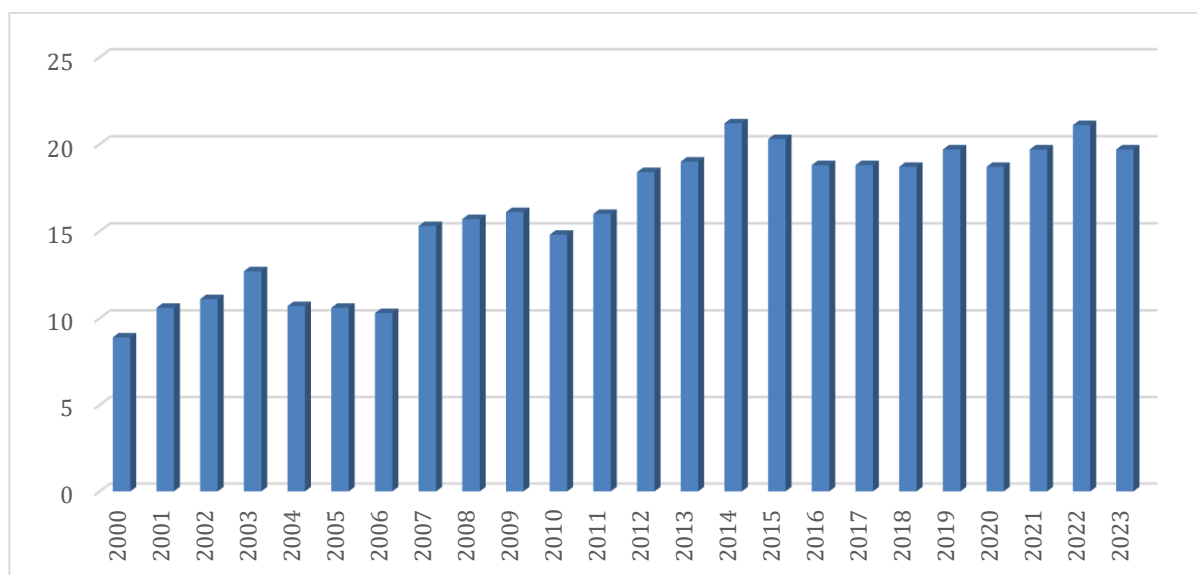


Рисунок 1.6. Количество введённых в эксплуатацию зданий нежилого назначения в современной России по данным Росстат, тыс. шт.

До начала 90-х годов прошлого века преобладающей формой воспроизводства гражданских зданий в нашей стране являлось строительство. В переходный период количество вновь возводимых зданий сократилось, и поэтому особое значение приобрело поддержание в нормальном техническом состоянии существующих зданий.

С 1990 по 2001 годы зафиксировано увеличение количества ветхих и аварийных объектов среди жилых и общественных зданий.

Управление жизненным циклом объектов недвижимости, построенных сравнительно недавно, основано на создании информационной модели жизненного цикла строительного объекта – VLC IM (Building Life Cycle Information Model), эксплуатационный этап которой включает мониторинг состояния объекта, мониторинг состояния оборудования и управление объектом и оборудованием [22, 69, 83, 95]. Для таких объектов организация ремонтно-строительных проектов и управление ими реализуются на основе создаваемой информационной модели, что позволяет существенно повысить их эффективность. В российской практике применение ТИМ установлено сравнительно недавно. Согласно Постановлению Правительства № 331 от 05.03.2021 года, «с 1 января 2022 года стало обязательным использование

технологий информационного моделирования для объектов, проектируемых на бюджетные средства, а с 1 июля 2024 года технологии информационного моделирования должны применяться при реализации крупных проектов долевого строительства». В то же время подавляющее большинство строительных объектов построено до применения ТИМ, и в настоящее время они находятся на различных стадиях этапа эксплуатации, что повышает необходимость реализации ремонтно-строительных проектов.

Дополнительным фактором, усиливающим данную потребность, является прирост числа жилых зданий, переоборудованных под иное функциональное назначение, у которых не соблюдены регламентированные сроки проведения капитального ремонта. Это приводит к значительному увеличению морального и физического износа элементов в процессе эксплуатации.

Всё вышеуказанное демонстрирует актуальность вопроса управления ремонтно-строительными проектами в сфере гражданского строительства, особенно в отношении общественных зданий.

Реализация ремонтно-строительных проектов выступает управляемым инструментом продления срока службы объекта. Количественно влияние РСП на жизненный цикл здания может быть представлено следующей зависимостью:

$$T_{\text{нов}} = T_{\text{исх}} + \Delta T_{\text{РСП}}, \quad (1.1)$$

где $T_{\text{нов}}$ – прогнозируемый остаточный ресурс объекта (или элемента) после реализации РСП;

$T_{\text{исх}}$ – остаточный ресурс объекта (или элемента) на момент начала реализации РСП;

$\Delta T_{\text{РСП}}$ – прирост остаточного ресурса (или межремонтного периода), полученный в результате реализации РСП.

В своих научных трудах К.А. Шрейбер отмечает: «система организационно-технологической подготовки и его составляющей организационно-технологического проектирования ремонтов является целостной, и поэтому вопросы проектирования организации производства и проектирования производства работ рассматриваются в неразрывной взаимосвязи» [133, 134, 135].

Продукция ремонтно-строительного производства имеет ряд особенностей, которые необходимо учитывать при организации РСП и управлении ими.

Рассматривая продукцию ремонтно-строительного производства, К.А. Шрейбер подчеркивает: «Под продукцией ремонтно-строительного производства следует подразумевать как отдельные части строящихся (ремонтируемых, реконструируемых) зданий, так и законченные здания. Продукция ремонтно-строительного является результатом выполнения работ» [133, 134, 135]. Ремонтные работы имеют особенности, существенно отличающиеся от строительства. Как правило, ремонтные работы ведутся в стесненных условиях, что существенно влияет на технологию и организацию их выполнения. Под стесненностью подразумевается наличие препятствий, ограничивающих возможность использования машин на строительной площадке, а также возможность размещения материалов в пределах рабочей зоны [133, 134, 135].

Одной из важных задач, стоящих перед строительством, является создание системы подготовки строительства, базирующейся на использовании современных информационных технологий и возможностей математического аппарата, эффективного для управления жизненным циклом таких зданий.

Профессор Король Е.А. подчеркивает: «Ремонтно-строительное производство относится к сложным системам. В этой связи не всегда удастся отразить такие характерные для этих систем свойства... Поэтому для решения практических задач в ряде случаев используют метод статистического и имитационного моделирования» [63, 137].

Одним из важных направлений совершенствования форм и методов организации строительства, ремонта, модернизации и реконструкции зданий является создание целостной системы подготовки производства, базирующейся на широком практическом использовании вычислительной техники в сочетании с современными методами решения организационно-технологических задач [130,133].

В соответствии со СНиП 12.01-2004 «Организация строительства» мероприятия по подготовке строительного производства должны быть выполнены до начала строительства. Профессор Б.Ф. Ширшиков под подготовкой строительного

производства подразумевает «комплекс взаимосвязанных организационных, технических и планово-экономических мероприятий и документов, осуществляемых и контролируемых ее участниками до начала основного периода строительства». [132].

Один из важных этапов подготовки строительства – это разработка организационно-технологических документов, которыми являются проект организации строительства (ПОС) и проект производства работ (ППР) [107, 134]. Исходя из данных ПОС составляется ППР, который является конкретизацией ПОС. На практике, перед выполнением даже относительно небольших по объему работ подрядная организация может разрабатывать ППР, отражающий организационно-технологическое решение и его составляющие, для организации заказчика.

Профессор П.П. Олейник, описывая организацию производства, утверждает: «Проработка и выбор организационных решений осуществляется в проектах ПОС и ППР, а также в документах по организации работ» [79]. ПОС и ППР относятся к организационно-технологической проектной документации.

Управление ремонтно-строительными проектами требует четкой организации проведения подготовительных работ и бесперебойной подачи материально-технического обеспечения [155]. Важными являются вопросы однородности и мелкообъемности выполняемых работ. Кроме того, ремонт нередко проводится в условиях присутствия людей в общественном здании.

Говоря о степени исследования технологии и организации ремонтно-строительного производства, К.А. Шрейбер указывает, что они исследованы недостаточно [133, 134, 135]. В частности, он пишет: «В ремонтно-строительном производстве уровень организационно-технологического проектирования ниже, чем в новом строительстве» [133, 134, 135].

На проведение ремонтно-строительных работ требуется определенное количество материальных, трудовых и финансовых ресурсов, планирование которых осуществляется перед началом проведения работ. Таким образом, возникает необходимость учета и обработки значительного количества информации, поэтому со-

временным инструментом, применимым к организационно-технологическим решениям ремонтно-строительных проектов, являются цифровые технологии, в частности, анализ больших данных. Их применение в управлении ремонтно-строительными проектами обеспечивает выбор рациональных организационно-технических решений, способствуя повышению эффективности управления РСП в условиях неопределённости и ограниченной доступности ресурсов.

1.3. Теория организационно-технологической надёжности и анализ её применения на разных этапах жизненного цикла здания

Реализация ремонтно-строительных проектов требует серьёзной организационно-технологической подготовки. В процессе реализации работ, как и при их планировании, могут быть смещены сроки, не учтены в полной степени ресурсы организации, которая выполняет работы, тем самым может быть превышен расход различного рода ресурсов, включающих как трудовые, так и материальные. В этой связи возникает необходимость оценки эффективности управления ремонтно-строительными проектами, критерием которой может выступать уровень организационно-технологической надёжности, отражающий качество принимаемых управленческих решений в условиях неопределённости.

Понятие «организационно-технологическая надёжность» используется во многих научных трудах. В общем смысле организационно-технологическая надёжность трактуется как «способность технологических, организационных, экономических решений обеспечивать достижение заданного результата, стоящего перед строительством» [1, 2, 18, 65]. Применительно к управлению ремонтно-строительными проектами, значение показателя ОТН в рамках исследования отражает вероятность выполнения работ в установленные сроки [22, 23, 24, 25, 26, 27, 82]. Применение подходов теории организационно-технологической надёжности позволит повысить вероятность достижения результата, который ставится перед ремонтно-строительным проектом.

Проведенный в рамках диссертационного исследования анализ показал, что вопрос обеспечения ОТН является актуальной задачей. Этой проблемой занимались известные ученые: Гинзбург А.В. [7, 18, 19], Гусаков А.А. [45, 46], Седых Ю.И. [105], Чулков В.О. [126, 127], Шалягин Г.Л. [128] и другие.

Одним из первых ученых, внесших вклад в развитие теории организационно-технологической надежности является профессор Гусаков А.А. – один из авторов, разработавших представление о процессе строительства как о сложной стохастической динамической системе, которая подвергается экзогенным и эндогенным воздействиям. Профессор Гусаков А.А. основал научную школу системотехники строительства [45, 46]. Одним из основных понятий теории является понятие отказа, которое характеризует нарушение исправности системы. Строительству свойственны не полные отказы, а частичные (сбои), которые не приводят к полному нарушению функционирования объекта. То есть сбои влияют на общее состояние объекта, но сам объект может находиться на определенном уровне надежности [46]. Поскольку особенностью строительных систем является их организационный характер, появляется возможность для создания системы устранения сбоев, что делает систему более надежной. А уровень надежности строительных систем напрямую зависит от решений, носящих организационный характер.

Большой вклад в развитие теории организационно-технологической надежности внес профессор Гинзбург В.А. В своих трудах он показал и описал понятия зон организационно-технологической надежности строительных систем, применение которых позволяет говорить об уровне надежности системы в целом. Профессор Гинзбург А.В. разработал теоретические основы системотехнической оценки ОТН, а также продемонстрировал возможности применения искусственного интеллекта для повышения организационно-технологической надежности строительства в целом [7, 8, 19]. Появление технологий искусственного интеллекта способствует созданию умных саморегулирующихся решений, повышающих ОТН строительных систем [6]. В приведенных исследованиях разработаны модели и методики оценки ОТН строительства, которые используются для развития строительной отрасли в целом [7, 8, 19].

Профессор Чулков В.О. разработал многослойную модель оценки организационно-технологической надежности строительных предприятий, показал взаимодействие моделей организационного жизненного цикла предприятий и их реорганизации. Данная модель позволяет в комплексе рассматривать реорганизацию предприятий, что дает возможность понять и повысить организационно-технологические процессы. Важным вкладом профессора Чулкова В.О. в развитие теории организационно-технологической надежности является ряд работ, посвященных инфографии, в которых он описал правила, процедуры и модели, которые позволяют формировать визуальные образы. Благодаря этому донесение информации через построение графических образов стало более точным и достоверным и, как следствие, получило широкое распространение в теории организационно-технологической надежности [126, 127].

Значительное количество научных трудов, посвящённых теме организационно-технологической надежности, базируется на разработке и принятии управленческих решений в строительстве. В связи с развитием информационных технологий и вычислительной техники появляется возможность в значительной степени управлять ОТН строительства. Проведя анализ научных трудов, посвященных теме повышения организационно-технологической надежности, можно сделать вывод о том, что значительное повышение надежности связано с оптимизацией технологии и организацией строительно-монтажных работ. Для большего понимания рассмотрим оба термина организационной и технологической надежности.

Организационная надёжность – это надежность организации работ, включающих снабжение ресурсами. Основное отличие организационно-технологической надежности от классической надежности состоит в том, что рассматриваются не просто отказы системы, а сбои в ее функционировании, благодаря чему возможно влиять на показатели системы, не прибегая к полному отказу в работоспособности системы [18, 19, 45].

Технологическая надежность подразумевает под собой способность строительных процессов сохранять значения показателей параметров в определенных пределах. Тем самым можно сделать вывод о том, что надежность организационная

связана с надежностью технологической, поскольку для эффективного управления проектом, кроме грамотной организации и утверждения работ, необходимо еще работать над технологическими решениями, благодаря которым повышается качество принятых управленческих решений.

Следовательно, надёжность управления ремонтно-строительным проектом как системы определяется не только качеством организационных решений, но и эффективностью технологий, обеспечивающих стабильность параметров и минимизацию рисков. Это делает организационно-технологическую надёжность ключевым критерием оценки эффективности проекта в условиях неопределённости и ограниченных ресурсов.

За последние годы теме повышения/обеспечения ОТН посвящен ряд научных работ, авторами которых являются Болотова А.С., Грачев В.А., Жавнеров П.Б., Кужин М.Ф., Романович М.А., Петросян Р.С. [4, 43, 54, 64, 100, 84]. Каждая из упомянутых работ, посвящена рассмотрению определённой специфики ОТН. Болотова А.С. исследовала вопрос повышения ОТН монолитного строительства через устранение ряда нарушений, которые могут возникнуть при возведении здания из монолитного бетона. Кужин М.Ф. занимался выработкой организационно-технологических решений при устройстве фасадных систем. Исследование Грачева В.А. посвящено разработке методов и моделей, обеспечивающих повышение качества и конкурентоспособность организационно-технологических решений по реконструкции зданий. Жавнеров П.Б. разработал методологические основы повышения надёжности строительной организации в результате проведения структурных мероприятий. Исследование Романович М.А. заключается в повышении эффективности ОТН монолитного домостроения путем анализа внешних и внутренних факторов, воздействующих на ход работ.

Помимо ОТН важное место занимают вопросы управления, организации и проведения ремонтных работ, эксплуатации объектов капитального строительства, которые нашли свое отражения в ряде научных трудов, авторами которых являются Король Е.А. [63, 137], Олейник П.П. [79], Порывай Г.А. [93], Ройтман А.Г. [97, 98, 99], Шрейбер А.К. [1], Шрейбер К.А. [133, 134, 135] и другие.

Профессор Король Е.А. обобщила теоретические аспекты нормативно-методической базы капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов, способствовала развитию инновационных технологий капитального ремонта зданий, популяризовала ТИМ как инструмент развития и повышения эффективности строительства [63, 137]. Она является автором научных трудов, посвященных методологическим аспектам организации ремонтов.

Профессор Шрейбер К.А. внес значительный вклад в развитие технологии и организации ремонтно-строительного производства. Одним из первых систематизировал теорию и практику ремонта, модернизации и реконструкции зданий, изложил основные положения организационно-технологической подготовки ремонтно-строительного производства с широким применением научно-методологических и практических рекомендаций по технологии и организации ремонтных работ [133, 134, 135]. Проведенные исследования составляют основу современных подходов к управлению ремонтно-строительными проектами.

Порывай Г.А. создал научную школу управления технической эксплуатацией объектов, разработал концепцию организации учебного процесса в области технической эксплуатации жилых и общественных зданий, развивал направление реконструкции зданий, а также разработал методики определения наиболее рациональных методов технического обслуживания зданий [93].

Ройтман А.Г. обобщил опыт капитального ремонта зданий, обосновал стратегию плано-предупредительного капитального ремонта, исследовал направления повышения эффективности проектных решений по капитальному ремонту, модернизации и реконструкции; он разработал способы и пути индустриализации ремонтных работ [97, 98]. Разработанные методики активно применяются в деятельности управляющих компаний и строительных организаций.

За последние годы вопросу организации и производства ремонтных работ, эксплуатации объектов капитального строительства посвящены исследования, авторами которых являются Жолобова Е.А., Зильберов Р.Д., Кожевников Д.Г., Майлян В.Д., Понявина Н.А., Попова О.Н., Шрейбер К.К. [55, 130, 61, 70, 56, 87, 89, 90,

91, 92, 136]. Кожевников Д.Г. занимался построением методики оценки эффективности организации производства при ремонте инженерных коммуникаций на основе качественных и количественных показателей эксплуатации объектов. Понявина Н.А. предложила рассмотреть планирование ремонтно-восстановительных работ как сложную систему взаимосвязанных элементов, регулируемую надежностью их выполнения. Попова О.Н. исследовала вопрос периодичности проведения ремонта на основе кластерного подхода с привлечением методов динамического программирования на основе поэлементной эксплуатации здания. Жолобова Е.А. занималась вопросом оценки организационно-технологических решений по ремонту многоквартирных домов жилых зданий. Шрейбер К.К. произвел исследование в области совершенствования организационно-технологической подготовки и нормативной базы капитального ремонта. Маилян В.Д. предложил методику оценки организационно-технологических решений, учитывающих особенности формирования строительных потоков капитального ремонта многоквартирных домов. Зильберов Р.Д. предложил повысить эффективность ремонтно-строительного производства за счет применения энергосберегающих технологий.

Тематике развития и управления жизненным циклом объектов капитального строительства посвящен ряд научных трудов, авторами которых являются Волков А.А. [7, 104], Горбанева Е.П. [30, 31], Король Е.А. [137], Лapidус А.А. [67, 68, 69, 121], Мищенко В.Я. [29, 75], Опарина Л.А. [80, 81, 82], Чельшков П.Д. [125], Шейна С.Г. [129, 130, 131], Петрухин А.Б. [69, 83, 85, 121], Топчий Д.В. [117, 118], Сулейманова [115, 116], Федосов С.В. [121, 122], и другие [78, 114]. В частности, исследования Король Е.А. направлены на развитие применения информационного моделирования (BIM) как инструмента управления жизненным циклом объектов [137]. Её работы способствовали формированию подходов к цифровой трансформации строительной отрасли на всех этапах: от проектирования до эксплуатации. Лapidус А.А. разработал системотехнические методы организационного проектирования и управления строительством, заложив основы управления крупномасштабными проектами [69, 121]. В его трудах рассмотрены вопросы интеграции организационно-технологических решений в структуру строительного процесса.

Волков А.А. обосновал возможность расширения фундаментальной концепции функциональных систем на область строительства. Им была предложена методология проектирования функциональных систем управления зданиями и сооружениями, что позволило сформировать системный подход к управлению объектами на всех стадиях их жизненного цикла [7, 104]. Опарина Л.А. исследовала методологические и системотехнические основы повышения энергоэффективности зданий в рамках управления жизненным циклом [80, 81, 82]. Её подход ориентирован на устойчивое развитие и повышение технологической надёжности объектов за счёт оптимизации жизненных процессов. Челышков П.Д. занимался разработкой методологии киберфизической интеграции строительных систем, направленной на повышение эффективности взаимодействия этапов жизненного цикла «проектирование–производство–эксплуатация» [125]. На его работах базируется концепция киберфизических строительных систем, как основы цифрового управления строительством.

В последние годы вопросы развития процессов и управления ими в рамках жизненных циклов (ЖЦ) объектов капитального строительства (ОКС) нашли отражение в работах ряда авторов: Мищенко А.В., Рыбаковой А.О., Суворовой М.О. [74, 102, 114]. Сергеев Ю.Д. рассмотрел возможность повышения эффективности организации производства и управления им за счет обеспечения ОТН объектов недвижимости на всех этапах ЖЦ, а также возможность оценки эксплуатационной надежности объектов недвижимости на стадии эксплуатации ЖЦ. Мищенко А.В. предложил методику формирования информационной модели ЖЦОКС, реализуемую в условиях интенсивных стохастических воздействий. Рыбакова А.О. предложила способы повышения эффективности архитектурно-строительного проектирования зданий из модульных элементов за счет использования ТИМ. Суворова М.О. разработала систему учёта углеродного следа в течение жизненного цикла ОКС.

Проведя анализ научных трудов, посвященных тематике организационно-технологической надежности, ремонтным работам, управлению ЖЦОКС, можно сделать вывод, что вопросы организации ремонтно-строительных проектов как

важного элемента управления жизненным циклом объекта недвижимости являются в настоящее время недостаточно разработанными.

Значительное количество работ, посвященных вопросу ОТН в строительстве, описывает методику повышения организационно-технологической надежности через корректировку календарных графиков. То есть акцент делается на возможности быстрого разрешения возникшей ситуации путем внесения изменения в календарный план производства работ. Однако при управлении ремонтно-строительным проектом важно учитывать, что, помимо самих строительных процессов, необходимо принимать управленческие решения по определению характера работ и методов их реализации, особенно в условиях сбоя поставок или ограниченной доступности ресурсов. Для принятия подобного рода решений рациональным подходом является применение цифровых технологий, которые позволяют сделать это максимально быстро с учетом ресурсов в определенной ситуации. Так подчеркивается важность интеграции технологических и организационных решений в рамках управления ремонтно-строительными проектами.

Повышение ОТН объектов строительства на этапе их эксплуатации может достигаться как за счёт снижения влияния различного рода факторов, так и за счёт проектирования устойчивых к ним организационно-технологических решений. Анализ взаимосвязи ключевых подсистем управления ремонтно-строительными проектами показывает, что обеспечение надёжности выполнения работ напрямую влияет на соблюдение сроков и качество реализации проекта.

Наиболее распространённым подходом при моделировании строительных процессов по-прежнему остаётся календарное планирование. Однако в условиях реализации ремонтно-строительного проекта как элемента стадии эксплуатации объекта капитального строительства требуется переход к более комплексным управленческим моделям, позволяющим обеспечить устойчивость проекта в условиях неопределённости и рисков.

Ремонтно-строительный проект как элемент управления жизненным циклом объекта недвижимости представлен на рисунке 1.7.

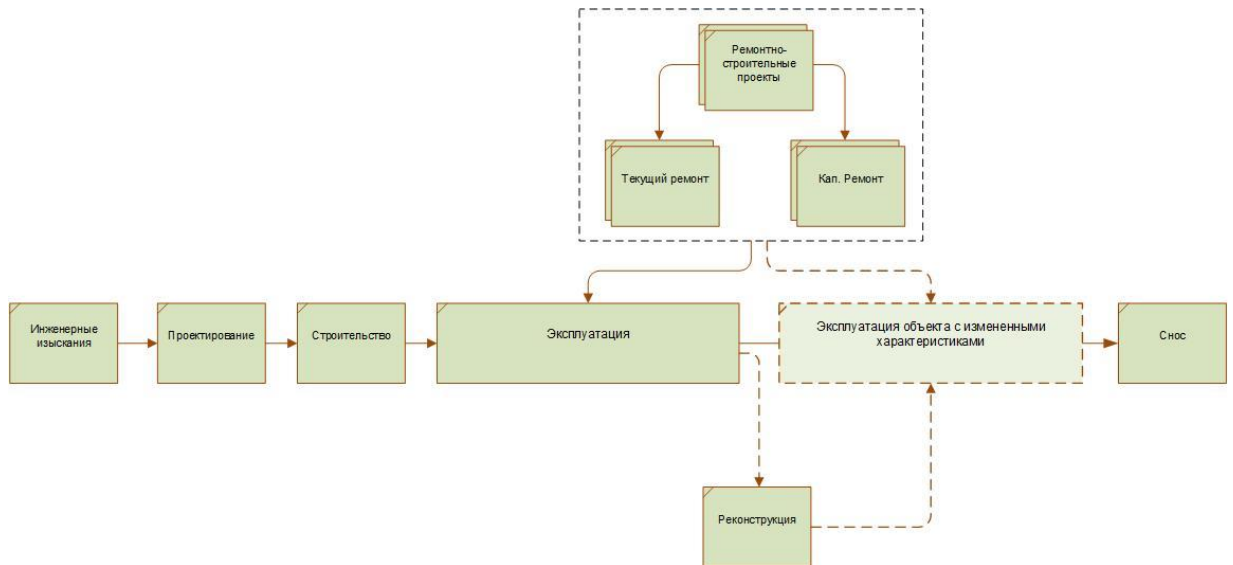


Рисунок 1.7. Ремонтно-строительный проект как элемент управления ЖЦОН

Выполнение ремонтно-строительных работ зависит от множества факторов, которые существенно влияют на трудовые затраты и, как следствие, на продолжительность работ. Это обуславливает необходимость применения цифровых технологий для повышения эффективности управления проектом.

Благодаря учету разного рода факторов, влияющих на выполнение ремонтно-строительных работ, возможно провести оценку уровня надежности организационно-технологического решения перед его реализацией.

В результате проведенного исследования и научных обобщений было выбрано направление повышения эффективности организации ремонтно-строительных проектов и управления ими за счет обеспечения их организационно-технологической надежности. В основе управления такими проектами лежат результаты обследований и выявляемых дефектов, зафиксированных с применением информационных технологий, в частности технологии больших данных.

Важной особенностью диссертационного исследования является анализ дефектов, которые выявляются на основе проводимых обследований, различного рода осмотров и мониторинга. Для организации подобного рода мероприятий применяют специальные приборы, а также руководствуются нормативными документами.

Строительный объект представляет собой сложную систему, подверженную воздействию множества случайных факторов, которые могут существенно повлиять на эксплуатационные характеристики, виды и стоимость ремонтно-строительных работ. Это напрямую связано с обеспечением организационно-технологической надёжности. Поскольку уровень рисков в строительстве высок, а последствия управленческих ошибок могут привести к увеличению затрат, снижению качества работ и нарушению сроков их выполнения, возрастает необходимость разработки и применения методик обеспечения ОТН.

В настоящее время вопросы повышения и обеспечения организационно-технологической надёжности оказывают значительное влияние на эксплуатационные характеристики зданий и продолжительность их жизненного цикла. Методы, с помощью которых обеспечивается повышение технического состояния здания, приобретают все большую актуальность. Из этого следует, что разработка новых подходов к совершенствованию организационно-технологических решений является важнейшей задачей, выполнение которой позволит снизить риски при принятии управленческих решений, обеспечить нужное качество выполнения работ и повысить вероятность их выполнения в срок.

На основании проведенного анализа ряда нормативных документов и литературы в области реализации ремонтно-строительных проектов и организационно-технологической надёжности строительства были выделены аспекты, которые оказывают значительное влияние на управление ремонтно-строительным проектом. Также был произведен анализ методов по устранению различного рода дефектов, выявленных в процессе проведения осмотров и обследования зданий. Помимо этого, были выявлены наиболее важные проблемы, с которыми сталкиваются специалисты при реализации ремонтно-строительных проектов, к которым относятся: ограниченность трудовых и материальных ресурсов, влияние разнородных факторов на трудоемкость выполнения работ, недостаточная цифровизация процессов планирования и учета, недостаточная разработанность методов вероятностной оценки сроков выполнения работ.

Полученные данные позволяют сделать вывод о необходимости разработки новых подходов к проектному управлению и планированию производственных процессов, в том числе в условиях неопределенности и риска для повышения эффективности управления ремонтно-строительными проектами за счет рациональной организации и реализации работ с применением информационных технологий.

Выводы по главе 1.

1. Строительство является трудоемкой и сложной отраслью. Управление жизненным циклом объектов капитального строительства основано на реализации множества взаимосвязанных проектов, каждый из которых имеет свой собственный жизненный цикл. Гражданские здания в процессе долгих сроков эксплуатации подвергаются воздействию большого количества случайных факторов, возникновение которых трудно спрогнозировать. Для решения данной задачи ведется контроль за техническим состоянием здания посредством различного рода осмотров и смежных с ними мероприятий. По результатам подобных мероприятий делается вывод о проведении ремонтно-строительных работ как одного из значимых инструментов для поддержания эксплуатационных характеристик здания и его долговечности, продления жизненного цикла здания в целом. В процессе обслуживания здания выявляются различные дефекты. Так как здание представляет собой сложную систему, имеющую стохастический характер воздействия внешних факторов, то организация ремонтно-строительных проектов и управление ими является сложной задачей, повышение эффективности которой возможно на основе использования принципов теории организационно-технологической надежности.

2. Разработка новых подходов к проектному управлению ремонтно-строительными работами является важнейшей задачей, решение которой позволит повысить вероятность выполнения работ в срок, соблюдения необходимого качества работ, обеспечения их выполнения, в том числе в условиях неопределенности, ограниченных ресурсов и рисков. Это, как следствие, будет способствовать повышению эксплуатационных характеристик объектов недвижимости и продлению их жизненного цикла.

3. Современный подход к управлению строительными объектами (зданиями, строениями сооружениями) основан на управлении их жизненными циклами. Согласно Федеральному закону «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» №384-ФЗ от 30.12.2009, под жизненным циклом понимается период, в течение которого осуществляются инженерные изыскания, проектирование, строительство (в том числе консервация), эксплуатация (в том числе текущие ремонты), реконструкция, капитальный ремонт, снос здания или сооружения.

4. Самым длительным этапом жизненного цикла строительных объектов является этап эксплуатации, ключевой задачей которого является поддержание их в работоспособном состоянии, для этого проводится мониторинг основных показателей, планирование и организация ремонтно-строительных работ (РСР). От эффективности организации РСР зависит эффективность и продолжительность эксплуатации зданий, следовательно, управление ремонтно-строительными работами является важным элементом управления жизненным циклом зданий в целом. В настоящее время управление жизненным циклом основано на создании информационной модели жизненного цикла строительного объекта. Отличительной особенностью общественных зданий, построенных до применения технологий информационного (а таких в Российской Федерации подавляющее большинство), является отсутствие информационных моделей, отсутствие оцифрованных технических паспортов и журналов осмотров, а отчеты о проводимых осмотрах, а документация о ранее выполненных работах может вообще отсутствовать. Управление жизненным циклом таких общественных зданий требует разработки новых методов. В связи с этим применение информационных технологий, а именно технологии анализа больших данных, является важным и перспективным направлением, эффективность которого можно оценивать через уровень организационно-технологической надежности.

ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ КАК ЭЛЕМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

2.1. Планирование и организация ремонтно-строительных работ на эксплуатационном этапе жизненного цикла объекта недвижимости

В главе 1 была обоснована необходимость применения проектного подхода к проведению ремонтно-строительных работ как элемента управления жизненного цикла объектов капитального строительства. В данном разделе основное внимание уделяется тем процессам, в которых возникают наибольшие трудности при прогнозировании объёмов, сроков и трудозатрат, особенно в условиях высокой степени неопределённости, характерной для ремонтных проектов.

Практическая реализация ремонтно-строительных проектов требует предварительной подготовки, включая разработку организационно-технологических решений, календарное планирование, распределение ресурсов и оценку производственных условий.

Согласно градостроительному кодексу Российской Федерации, при проведении капитального ремонта с привлечением бюджетных средств должна быть подготовлена проектная документация. Основой проектной документации является смета, которая составляется на основании акта, содержащего перечень дефектов, также должно быть создано техническое задание на проектирование. Помимо этого, заказчик вправе по собственной инициативе обеспечить подготовку иных разделов проектной документации [42]. В общем случае разработка проектной документации при проведении ремонтных работ не является обязательной. На практике подготовка тех или иных документов зависит от конкретной ситуации на объекте и требований заказчика.

Классическая обобщённая схема планирования и организации ремонтно-строительных проектов общественных зданий представлена на рисунке 2.1.

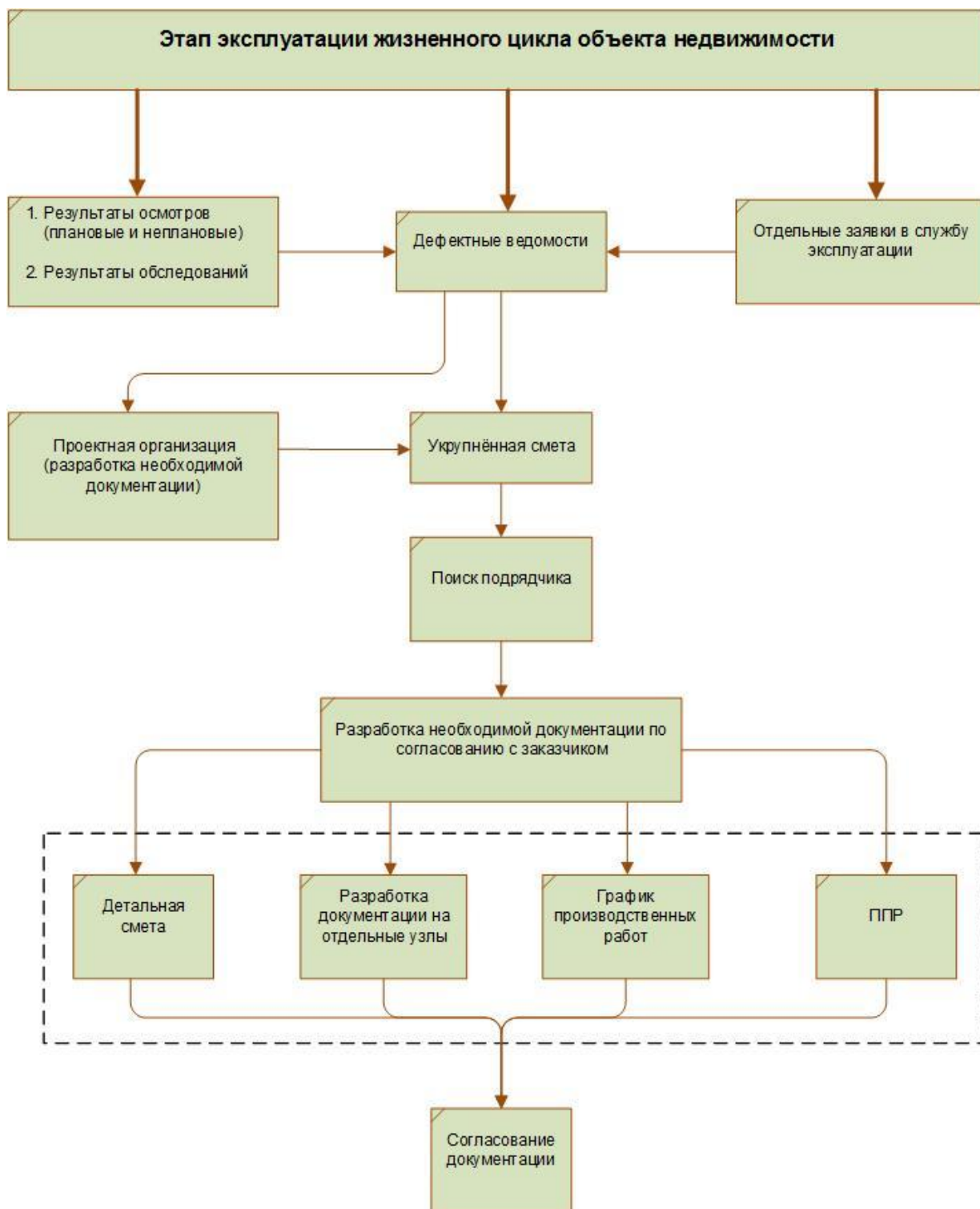


Рисунок 2.1. Схема планирования и организации РСР на этапе эксплуатации жизненного цикла объекта недвижимости

Как следует из представленной схемы, подготовка и организация ремонтно-строительных проектов включает в себя анализ состояния здания, разработку не-

обходимой документации, определение объёма необходимых затрат и поиск исполнителей [119]. Эти мероприятия формируют основу для дальнейшего выполнения работ и позволяют оптимизировать процесс их реализации. В случае жилых зданий могут наблюдаться существенные отличия, обусловленные спецификой эксплуатации и управления. Среди ключевых различий можно выделить: специфические особенности финансирования, различия в нормативной базе, иной порядок согласования работ.

Организация РСП начинается с момента принятия решения о проведении ремонтно-строительных работ в здании или группе зданий и включает в себя, при необходимости, разработку требуемой документации и комплекс организационно-технологических мероприятий, осуществляемых до начала производства работ. В соответствии с Градостроительным Кодексом, обязательная разработка проектной документации в ряде случаев не требуется [42]. На практике, в зависимости от условий и требований согласуются сметы, отдельные чертежи, графики и иные документы. Одним из ключевых элементов подготовки является проект производства работ (ППР), в состав которого входят календарный план, графики потребности в трудовых ресурсах, машинах и механизмах, а также технологические карты. Наиболее значимыми документами считаются стройгенплан и календарные планы, оказывающие существенное влияние на эффективность реализации работ [5].

Однако управление ремонтными работами охватывает не только процессы подготовки и планирования, но и полный жизненный цикл ремонтно-строительного проекта – от инициализации до завершения [20, 21, 22, 81, 82].

Управление ремонтно-строительным проектом осуществляется как со стороны заказчика, так и со стороны подрядчика, при этом каждая из сторон выполняет свой набор задач [38]. На основании анализа положений нормативной документации (в том числе ГОСТ 54869-2011, ГОСТ 31937-2011, СП 48.13330 и др.) сформирована схема жизненного цикла ремонтно-строительного проекта с описанием ключевых задач, выполняемых заказчиком и подрядчиком на каждом этапе. Представленная на рисунке 2.2 схема отражает распределение функций в рамках основных фаз управления проектом.

| Этап | Заказчик | Подрядчик |
|------------------------|--|---|
| Инициализация | <ul style="list-style-type: none"> - определение потребности в ремонте; - формирование дефектных ведомостей по результатам осмотров; - разработка технического задания (тз); - формирование бюджета. - выбор исполнителя (подрядчика); - подписание контракта. | <ul style="list-style-type: none"> - анализ тз и документации заказчика (включая дефектные ведомости); - проведение дополнительного обследования (при необходимости); - оценка объемов работ для устранения дефектов; - подготовка предложения; - заключение договора. |
| Планирование | <ul style="list-style-type: none"> - утверждение сроков и бюджета; - разработка и согласование проектной документации (при необходимости); - согласование организационно-технологических решений. | <ul style="list-style-type: none"> - разработка укрупненного графика выполнения работ; - оценка необходимых трудовых и материальных ресурсов; - оценка возможных вариантов выполнения работ; - заказ необходимых материалов и оборудования. |
| Организация исполнения | <ul style="list-style-type: none"> - координация работ подрядчиков; - согласование организационно-технологической документации; - контроль выполнения условий контракта; - взаимодействие с надзорными органами; - обеспечение своевременного финансирования. | <ul style="list-style-type: none"> - разработка организационно-технологической документации. - распределение ресурсов; (рабочие, техника, материалы). - запуск работ по графику; - оперативное решение возникающих проблем; |
| Контроль | <ul style="list-style-type: none"> - проверка качества работ. - организация приемочной комиссии; - подписание актов сдачи-приемки; - выполнение гарантийных обязательств. | <ul style="list-style-type: none"> - исправление выявленных дефектов; - сдача выполненных работ заказчику; - передача исполнительной документации; - гарантийное обслуживание. |

Рисунок 2.2. Этапы жизненного цикла ремонтно-строительного проекта

Одной из ключевых задач эффективного управления ремонтно-строительными проектами со стороны подрядчика является обеспечение выполнения работ в установленные сроки с заданным уровнем качества. Это требует не только детального календарного планирования, но и достоверной оценки предполагаемого объема работ и связанных с ним затрат трудовых ресурсов. Особенно актуальна

такая задача на стадиях планирования и организации исполнения проекта, когда формируются графики, распределяются ресурсы и разрабатываются организационно-технологические решения. Однако в условиях неопределённости, характерной для ремонтно-строительных проектов, и ограниченности ресурсов конкретных подрядных организаций, традиционные подходы не всегда позволяют получить реалистичные параметры выполнения работ. В связи с этим возникает необходимость в разработке подхода, который позволял бы обоснованно определять виды и объёмы ремонтно-строительных работ, а также трудовые затраты на их выполнение и прогнозировать их продолжительность. В качестве основы такого подхода может использоваться механизм анализа больших данных с учётом текущих производственных возможностей организации. Интеграция этого инструмента в процессы управления проектом обеспечит организационно-технологическую надёжность и поспособствует соблюдению сроков и качества работ при ограниченных ресурсах, высокой степени неопределённости и рисках [141].

Наряду с этим, со стороны заказчика данный подход может быть использован для систематизации дефектов, анализа технического состояния объектов по типам зданий, а также для предварительной оценки сроков и затрат на этапе инициализации проектов. Это, в свою очередь, повышает обоснованность принимаемых управленческих решений в начальной фазе жизненного цикла ремонтно-строительного проекта.

В рамках диссертационного исследования основной акцент делается на оценку вероятности соблюдения календарного плана. Эффективное использование рабочего времени зависит от организационных мероприятий, направленных на устранение потерь рабочего времени из-за простоев и других потерь времени, связанных с организационными проблемами. Помимо этого, работы имеют свои особенности, исходя из которых необходимо уделить значительное внимание последовательности и подходам к выполнению работ, так как зачастую ремонтно-строительные работы проводятся без прерывания эксплуатации объекта. Ввиду особенностей работ необходимо обратить внимание на метод их производства. Строительные работы, как правило, организуются по одному из методов: последовательный,

параллельный и поточный. Например, последовательное выполнение работ может быть обеспечено за счет работников комплексной бригады, владеющих несколькими строительными специальностями, либо работников специализированных бригад/звеньев. Качество работ, как правило, выше при втором составе исполнителей. С другой стороны, выше и непроизводительные потери времени, связанные с перемещениями исполнителей на объекты.

Наиболее эффективными методами производства являются поточные методы, применение которых позволяет обеспечить непрерывное и ритмичное производство работ и эффективное использование ресурсов [19, 27]. Развитие потока может быть представлено в виде линейных календарных графиков или циклограмм. Поточный метод сочетает в себе преимущества других методов, то есть повышается эффективность потребления ресурсов и сокращаются сроки производства работ.

Особое место в системе управления ремонтно-строительными проектами занимает календарное планирование. Классификация методов календарного планирования приведена во многих источниках [5, 52, 53, 89, 100]. Календарное планирование имеет ряд сложностей, обусловленных разнородностью процессов и количеством параметров. На рисунке 2.3 представлена схема ключевых элементов календарного планирования.



Рисунок 2.3. Схема ключевых элементов календарного планирования

Среди параметров можно выделить интенсивность выполнения работ, возможность совместного выполнения ряда работ, последовательность включения объекта в производственную программу ремонтно-строительной организации и другие. Изменение любого параметра может влиять на продолжительность и количество используемых трудовых и материальных ресурсов.

Одной из важных задач является совмещение работ при формировании плана производства работ. Применение поточного метода требует деления фронта работ на захватки с равномерной загрузкой исполнителей. Однако на практике в значительном количестве случаев потоки являются разноритмичными.

Таким образом, изменение параметров календарного планирования и производства работ может приводить к варьированию продолжительности выполнения ремонтно-строительных работ, что делает необходимым разработку подходов к вероятностной оценке календарного плана работ.

На этапе эксплуатации объекта недвижимости ремонтно-строительный проект, как правило, инициируется на основании результатов мониторинга, осмотров и технических обследований [106]. В ряде случаев проведение обследования является обязательным условием для обоснования организационно-технологических решений и определения технического состояния конструктивных элементов.

Вопросам мониторинга, обследования и технического состояния зданий и отдельных элементов посвящены работы многих авторов [29, 51, 62].

Организация обследования проводится на основании ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» [33].



Рисунок 2.4. Виды обследования зданий и сооружений

Первичное обследование технического состояния здания проводится не позднее чем через два года после ввода его в эксплуатацию. В дальнейшем обследование здания проводится не реже одного раза в десять лет и не реже одного раза в пять лет для зданий, которые функционируют в неблагоприятных условиях [76]. Также обследование проводится при истечении нормативного срока эксплуатации, при выявлении серьёзных дефектов, а также в случаях частичного разрушения здания.

Визуальное обследование направлено на определение состояния конструкций путём внешнего осмотра. Для этого используются приборы, такие как бинокли, микроскопы, эндоскопы, фонари, линейки, зеркала, микрометры, уровни и др. Одним из распространённых приёмов визуального обследования является выстукива-

ние. Основным преимуществом метода является оперативность получения информации. Однако он не позволяет выявить физико-механические характеристики материалов, прочность и скрытые дефекты [32].

Инструментальное обследование предусматривает использование более сложных приборов. В таком случае могут использоваться следующие методы: геодезические, механические, физические, лабораторные и натуральные испытания, а также комплексные методы. Применение того или иного метода зависит от условий и задач, которые необходимо выполнить. Геодезические методы применяют при выявлении общих деформаций здания, например, прогибов, перекосов, выгибов. Основными инструментами, используемыми при геодезическом методе, являются нивелиры, теодолиты, мерные ленты [29, 44].

Механические методы основываются на применении способов, использующих зависимость между прочностью материала и другими его свойствами. Достоинством метода является проведение количественной оценки физико-химических свойств материала без отбора проб. Выделяют следующие механические методы: местных разрушений, пластических деформаций, упругого отскока, ударного импульса. Метод местных разрушений подразделяется на испытания на отрыв, отрыв со скалыванием и метод скалывания ребра [29, 44].

Метод пластических деформаций основан на оценке местных деформаций, вызванных приложением к конструкции усилий. Метод упругого отскока основывается на зависимости между параметрами, характеризующими упругие свойства материала, и параметрами, определяющими прочность на сжатие. Для определения эксплуатационного состояния строительных конструкций также применяются приборы на механических и электрических принципах действия.

Согласно ГОСТ 31937-2011 здание может находиться в нормативном техническом состоянии, работоспособном техническом состоянии, ограниченно-работоспособном техническом состоянии или аварийном состоянии.

Необходимость оценки технического состояния может возникнуть также при осуществлении операций на рынке недвижимости, при возобновлении или завершении строительства, если объект длительное время находился в замороженном

состоянии. Кроме того, обследование может потребоваться в новых зданиях при выявлении некачественно выполненных строительно-монтажных работ, ошибок в проектировании или дефектов конструктивных элементов. Это, в свою очередь, может вести за собой необходимость проведения дополнительных мероприятий по усилению конструкций.

Полученные в результате обследований данные становятся основой для принятия решения о целесообразности реализации ремонтно-строительного проекта, а также служат основой для других проектов, от эффективности реализации которых зависит результативность управления жизненным циклом объекта. Таким образом, обследования и осмотры являются важной составной частью управления жизненным циклом объектов и лежат в основе проектных и организационно-технологических решений.

2.2. Классификация дефектов элементов зданий

Классификация дефектов элементов здания рассматривается как инструмент системного анализа технического состояния объекта в целях формирования организационно-технологических решений при реализации ремонтно-строительных проектов. В научно-технической литературе имеется ряд работ, посвященных обнаружению, оценке дефектов строительных элементов, а также мероприятиям по их устранению [3, 29, 50, 93, 97, 98, 99 и др.]

Наиболее общими причинами появления дефектов в конструкциях зданий из различных видов материалов являются:

- ошибки в расчетах при конструировании;
- неудачное конструирование схемы здания;
- изменение первоначально принятого проектного решения о ходе строительства без детальной проработки проекта;
- недостаточное обеспечение жесткости и устойчивости здания.

Железобетонные конструкции могут иметь дефекты, которые появляются из-за ошибок на стадии проектирования, изготовления и монтажа. Часто встречающимися дефектами являются трещины и снижение прочности бетона. При изготовлении конструкций возможно появление различных трещин и дефектов, которые, как правило, выявляются при визуальном обследовании.

К наиболее серьёзным повреждениям, которые возникают при неправильной эксплуатации конструкций, относятся: коррозия арматуры, потеря слоями бетона защитных слоев, образование в элементах конструкций различных трещин, появление высолов на поверхности бетона, потеря прочности бетона, вибрация конструкций, разрушение защитных и декоративных покрытий, механические дефекты от нарушения правил эксплуатации (пробивка отверстий и проемов с вырезкой арматуры и повреждением бетона) [3, 47, 50, 97]. Также возможны случаи, когда появляющиеся на ранней стадии дефекты могут вызвать дефекты на последующих стадиях. Условия изготовления и эксплуатации конструкций разнообразны, и поэтому причин появления дефектов может быть еще больше. Особенностью железобетонных конструкций является то, что для них имеет место многообразие трещин. Необходимо различать трещины технологического происхождения, а также при монтаже, транспортировке и эксплуатации. При этом в значительном количестве случаев трещины допустимы, и конструкция является работоспособной.

Сводная классификация дефектов в соответствии с видом конструкции представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Сводная классификация дефектов

| Конструкция | Этапы возникновения дефектов | Типичные дефекты | Причины |
|----------------|--|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Железобетонные | Проектирование, изготовление, монтаж, эксплуатация | Трещины, снижение прочности бетона, несоответствие арматуры проекту, пропуски закладных деталей, коррозия арматуры, | Низкое качество материалов, ошибки проектирования, нарушения технологии производства, неправильная эксплуатация, |

| Конструкция | Этапы возникновения дефектов | Типичные дефекты | Причины |
|---------------|---|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | потеря защитного слоя бетона | нарушение правил эксплуатации |
| Каменные | Проектирование, изготовление, эксплуатация | Трещины, разрушение отдельных участков, смещение элементов | Неправильное проектирование, нарушения при укладке материалов, ошибки в технологии строительства, воздействие внешней среды |
| Металлические | Проектирование, изготовление, транспортировка, монтаж, эксплуатация | Коррозия (общая, местная, пятнами, язвенная, точечная, межкристаллитная, растрескивание), хрупкие трещины, деформация элементов, разрушение соединений, снижение несущей способности конструкций | Неправильный выбор марок стали, неудачное конструирование узлов, ошибки при защите от коррозии, нарушения технологии монтажа, воздействие высоких или низких температур |
| Деревянные | Проектирование, изготовление, монтаж | Гниение, трещины, деформация, разрушение соединений, потеря устойчивости, смещение конструкций, разрушение элементов | Неправильное проектирование, нарушение технологий изготовления и монтажа, использование неподходящих материалов, воздействие влаги и температур, стихийные бедствия |

В нормативных документах, примерами которых являются ГОСТ 27751-2014, ГОСТ Р 53778-2010, СП 13-102-2003, содержатся элементы классификации основных видов дефектов, представленных, как правило, в табличном виде и классифицируемых по видам работ, и повреждений конструкций, используемые при оценке технического состояния здания [34, 110, 44, 51]. Например, классификатор дефектов, утвержденный Госархстройнадзором России, содержит перечни дефектов по группам:

1. Классификация дефектов по основным видам строительно-монтажных работ.

2. Классификация дефектов при производстве строительных материалов, конструкций и изделий.

Сравнительный анализ нормативных документов в части классификации дефектов по перечню критериев представлен в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Сравнительный анализ нормативных документов в части классификации дефектов

| Критерий | ГОСТ 27751-2014 (Надежность конструкций) | ГОСТ Р 53778-2010 (Обследование зданий) | СП 13-102-2003 (Обследование конструкций) | Классификатор основных видов дефектов (1993) |
|--------------------------------------|--|---|---|---|
| Структура классификации | Линейная (по видам конструкций) | Линейная (по видам элементов) | Линейная (по видам обследуемых элементов) | Древовидная (по дефектам и повреждениям) |
| Детализация дефектов | Общая, без подробностей | Общие категории (например, трещины, коррозия) | Описание повреждений конструкции | Подробное описание дефектов (трещины, коррозия, деформация) |
| Учет ремонтпригодности | Нет | Нет | Нет | Нет |
| Оценка трудоёмкости | Нет | Нет | Нет | Нет |
| Практическая применимость | Применяется для оценки надёжности зданий | Применяется для обследования конструкций | Применяется для обследования конструкций | Широко используется в строительстве, но без использования технологий анализа данных |
| Рекомендуемая работа | Нет | Нет | Нет | Частично (общие рекомендации по устранению дефектов) |
| Метод диагностики дефекта | Да (общие рекомендации) | Да (общие методы диагностики) | Да (методы осмотра и тестирования) | Да (описание методов диагностики) |
| Влияние дефекта на эксплуатацию | Нет | Нет | Нет | Нет |
| Тип элемента (материал, конструкция) | Нет | Нет | Нет | Частично (по конструктивным элементам) |

На основании проведенного анализа можно сделать вывод о том, что представленные нормативные документы и существующие подходы к систематизации дефектов ориентированы на фиксацию дефектов и оценку технического состояния

конструкций, при этом не учитывается ремонтпригодность, отсутствуют либо имеются частичные указания по устранению дефектов, отсутствует оценка трудоемкости выполнения работ по устранению дефектов, не учитывается тип элемента здания.

Таким образом, перспективной задачей является разработка системы взаимосвязанных классификаторов элементов и дефектов. Такая система позволяет хранить перечень выявленных дефектов, формировать перечень РСР, а также иметь возможность интеграции с информационной моделью здания.

Система классификаторов позволяет собирать и хранить информацию о типовых дефектах здания, учитывать особенности элементов и возможные способы выполнения работ, направленных на устранение дефектов. Такой подход помогает ремонтно-строительным организациям формировать наиболее рациональные организационно-технологические решения и эффективно использовать производственные мощности организации. Накопленный опыт реализации работ по устранению дефектов позволит выявить узкие места в рабочих процессах организации работ. Важное значение имеют способы хранения информации и данных, они повышают скорость обработки и возможность интеграции в общую систему управления жизненным циклом объекта недвижимости. Как итог, система классификаторов способствует переходу на более высокий уровень управления объектом [66].

Для устранения дефектов необходимо организовать работы, выполнение которых зависит от различного рода факторов, включая трудоемкость выполнения отдельных видов работ. Вести учет факторов, оценивать их влияние и прогнозировать трудоемкость отдельных видов работ возможно с применением современных цифровых технологий, одной из которых является анализ больших данных, открывающий перспективу прогнозирования продолжительности работ и вероятности их выполнения в сроки.

2.3. Определение факторов, влияющих на трудоемкость выполнения ремонтно-строительных работ

Многие ремонтно-строительные организации специализируются на выполнении определённых видов работ, связанных с конкретными элементами здания. Как следствие, для данных компаний имеет место узконаправленность классификаций дефектов с привязкой к конкретным элементам здания и возможность описания широкого спектра методов устранения дефектов с учетом ресурсов конкретных организаций, а также реализации хранения дополнительных данных, включая показатели производительности труда. Характеристикой эффективности реализации РСП является производительность труда, а характеристикой производительности труда – трудоемкость. В соответствии с методическими рекомендациями по труду и социальным вопросам, утвержденными Государственным комитетом СССР, под трудоемкостью понимается сумма всех затрат живого труда на производство единицы продукции на предприятии. На практике трудоёмкость означает совокупные затраты труда рабочих на производство единицы объема работ. Может измеряться как показатель выполнения единицы объема работ как одним сотрудником, так и группой людей. При этом показатель трудоемкости одной и той же работы у разных ремонтно-строительных организаций может отличаться, так как он зависит от перечня разных факторов. Смежным с трудоемкостью понятием является выработка. Выработка – это показатель, характеризующий количество качественной продукции, которую произвёл один работник за единицу времени [60, 88]. В рамках диссертационного исследования акцент делается на трудоемкости выполнения работ.

Согласно нормативной документации, расчет трудоёмкости производится на основании норм выработки. Однако фактическая трудоёмкость одного и того же вида ремонтно-строительных работ может значительно варьироваться в зависимости от множества факторов.

Для выявления факторов – признаков, влияющих на трудоемкость выполнения работ, автором диссертационного исследования был проведен экспертный

опрос среди специалистов ремонтно-строительной отрасли на основе анкетирования (приложение А). В опросе приняли участие 20 специалистов, представляющих различные специальности и занимающих разные должности, включая инженеров, руководителей рабочих бригад, руководителей проектов и представителей технического надзора, являющихся членами СРО. По итогам опроса, после проведения систематизации, группировки смежных и совпадающих по смыслу факторов в более общие категории был сформирован перечень факторов, представленный в таблице 2.3.

Таблица. 2.3

Перечень факторов, влияющих на трудоемкость работ

| Номер фактора | Наименование фактора |
|---------------|---|
| 1 | Квалификация рабочих |
| 2 | Опыт работы бригады |
| 3 | Трудовая дисциплина рабочих в бригаде |
| 4 | Наличие необходимых материалов |
| 5 | Уровень стесненности |
| 6 | Погодные условия (для работ на улице) |
| 7 | Уровень сложности работы |
| 8 | Настроение рабочих |
| 9 | Качество и современность оборудования |
| 10 | Уровень поддержки и взаимодействия с руководством |

Для дальнейшего использования данных факторов необходимо провести их оценку и определить значимость. Задачу определения значимости факторов можно решать разными способами, такими как тестирование, моделирование, проведение экспериментов и другие. Одним из наиболее результативных методов является экспертная оценка [68]. Этот метод позволяет получать высокое качество в условиях неопределенности, когда данных недостаточно, а также учитывать знания и опыт экспертов предметной области; оценки экспертов могут быть адаптированы к изменяющимся условиям и новой информации. Существуют различные методы экспертных оценок, такие как фокус-группа, метод сценариев, метод Дельфи и другие

[103]. Одним из наиболее эффективных методов является априорное ранжирование, которое позволяет решать многокритериальные задачи, что экономит ресурсы и время, а также снижает субъективность [2].

С целью ранжирования факторов и определения их влияния было приглашено 20 экспертов строительной отрасли, членов СРО, имеющих высшее образование, с опытом работы в области ремонтно-строительных работ от 5 лет, занимающих разные должностные позиции, представленные в таблице 2.4.

Таблица 2.4

Перечень экспертов

| Эксперты | Количество |
|--|------------|
| Специалист в области организации работ | 3 |
| Специалист планово-технического отдела | 3 |
| Руководитель проекта | 5 |
| Инженер | 4 |
| Главный инженер | 5 |
| Итого | 20 |

Для рационального определения значимости факторов, влияющих на трудоёмкость выполнения работ, применён метод ранжирования с использованием балльной оценки. В рамках исследования априорное ранжирование производилось по 10-ти балльной оценке факторов. Вклад каждого фактора оценён по величине ранга, который отведен ему специалистом на оценочном листе (Приложение Б). Наименьший ранг (1) присвоен фактору, который эксперт считает наиболее значимым. Соответственно, чем выше значимость фактора, тем ниже его ранг. Результаты экспертной оценки ранжирования факторов представлены в таблице 2.5.

Для проверки корректности экспертной оценки рассчитан коэффициент конкордации Кендалла (\mathcal{W}), показывающий согласованность мнений экспертов, и критерий Пирсона (χ^2) [59, 68]. Коэффициент конкордации рассчитан по формуле:

$$\mathcal{W} = \frac{12S}{m^2(k^3 - k)}, \quad (2.1)$$

где: S – сумма квадратов отклонений;

m – количество экспертов;

k – количество факторов.

$$\mathcal{W} = \frac{12 * 20216}{400 * 990} \approx 0,61$$

Таблица 2.5

Матрица значений экспертной оценки

| Номер эксперта | Матрица рангов экспертной оценки факторов | | | | | | | | | |
|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| | X ₁ | X ₂ | X ₃ | X ₄ | X ₅ | X ₆ | X ₇ | X ₈ | X ₉ | X ₁₀ |
| 1 | 5 | 1 | 7 | 3 | 2 | 4 | 6 | 9 | 8 | 10 |
| 2 | 3 | 1 | 4 | 2 | 5 | 7 | 6 | 10 | 8 | 9 |
| 3 | 4 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 5 | 9 | 6 | 10 |
| 4 | 2 | 7 | 6 | 8 | 3 | 4 | 1 | 10 | 5 | 9 |
| 5 | 5 | 4 | 6 | 2 | 1 | 7 | 3 | 9 | 8 | 10 |
| 6 | 7 | 3 | 1 | 2 | 5 | 6 | 4 | 10 | 8 | 9 |
| 7 | 7 | 3 | 6 | 2 | 1 | 4 | 5 | 10 | 8 | 9 |
| 8 | 2 | 6 | 5 | 7 | 1 | 3 | 8 | 9 | 4 | 10 |
| 9 | 6 | 4 | 5 | 1 | 2 | 8 | 3 | 10 | 7 | 9 |
| 10 | 7 | 5 | 4 | 1 | 2 | 3 | 6 | 10 | 8 | 9 |
| 11 | 5 | 3 | 6 | 1 | 7 | 4 | 2 | 9 | 8 | 10 |
| 12 | 2 | 1 | 3 | 6 | 7 | 5 | 4 | 10 | 8 | 9 |
| 13 | 7 | 3 | 2 | 5 | 4 | 8 | 1 | 10 | 6 | 9 |
| 14 | 8 | 6 | 5 | 3 | 1 | 4 | 2 | 10 | 7 | 9 |
| 15 | 1 | 3 | 2 | 7 | 8 | 4 | 5 | 9 | 6 | 10 |
| 16 | 5 | 4 | 6 | 2 | 1 | 7 | 3 | 9 | 8 | 10 |
| 17 | 7 | 3 | 1 | 2 | 5 | 6 | 4 | 10 | 8 | 9 |
| 18 | 7 | 3 | 6 | 2 | 1 | 4 | 5 | 10 | 8 | 9 |
| 19 | 2 | 6 | 5 | 7 | 1 | 3 | 8 | 9 | 4 | 10 |
| 20 | 6 | 4 | 7 | 1 | 2 | 8 | 3 | 10 | 5 | 9 |

В результате проведенного ранжирования факторов $\mathcal{W}=0,61$, что свидетельствует о согласованности мнений экспертов. Для проверки неслучайности согласия экспертов необходимо выполнение условия критерия Пирсона:

$$\chi_p^2 > \chi_T^2 \quad (2.2)$$

Значение χ_p^2 рассчитывается по формуле:

$$\chi_p^2 = \mathcal{W} \times m \times (k - 1), \quad (2.3)$$

$$\chi_p^2 = 0,61 \times 20 \times 9 \approx 109,8.$$

В рамках исследования $\chi_p^2 = 109,8$, табличное значение $\chi_T^2 = 21,66$ (при $\alpha = 0,01$). Так как $\chi_p^2 > \chi_T^2$, то можно считать мнения экспертов согласованными.

Результаты ранжирования факторов представлены на диаграмме ранговых сумм на рисунке 2.5.

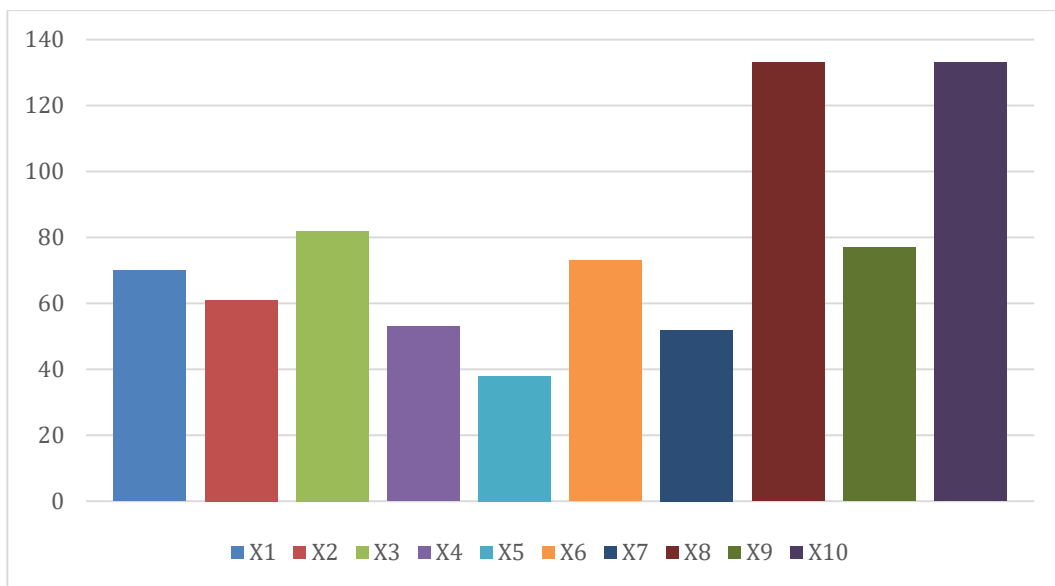


Рисунок 2.5. Диаграмма ранговых сумм значений факторов

По результатам проведенного эксперимента можно сделать вывод о том, что факторы «настроение рабочих» и «уровень поддержки и взаимодействия с руководством» имеют наибольшую сумму рангов, что свидетельствует о наименьшей степени их влияния на трудоемкость выполнения работ. В связи с этим их включение в дальнейший анализ является нецелесообразным. Таким образом, итоговый перечень факторов и соответствующие им обозначения представлены в таблице 2.6.

Итоговый перечень факторов, влияющих на трудоемкость

| Номер фактора | Наименование фактора | Обозначение |
|---------------|---------------------------------------|-------------|
| 1 | Квалификация рабочих | X_1 |
| 2 | Опыт работы бригады | X_2 |
| 3 | Трудовая дисциплина рабочих в бригаде | X_3 |
| 4 | Наличие необходимых материалов | X_4 |
| 5 | Уровень стесненности | X_5 |
| 6 | Погодные условия (для работ на улице) | X_6 |
| 7 | Уровень сложности работы | X_7 |
| 8 | Качество и современность оборудования | X_8 |

В зависимости от вида ремонтно-строительных работ могут быть определены различные факторы/признаки. Например, фактор «погодные условия» является значимым при работах на улице (или влияет на подъездные пути к месту выполнения работ); если работы ведутся внутри помещения, то значимость фактора теряется.

В рамках экспертного опроса не проводилась привязка к конкретным видам РСР, однако степень влияния факторов может варьироваться в зависимости от специфики работ. В результате опроса мнений экспертов было определено, что число регрессионных параметров, повышающее достоверность модели, как правило, составляет 3-7 единиц.

Так как признаки являются качественными, необходимо привести их в единую шкалу, то есть привести в цифровой вид. Для перевода качественных параметров в количественные применяется принцип шкалы Харрингтона. Количественное описание каждого фактора $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$ представлено в таблицах 2.7 – 2.14.

Таблица 2.7

Квалификация рабочих

| Наименование | Значение |
|---|-------------|
| Низкая квалификация (недостаточно навыков, требуется постоянный контроль) | (0-0,33] |
| Средняя квалификация (выполнение типовых задач, требуется периодический контроль) | (0,33-0,66] |
| Высокая квалификация (уверенное выполнение задач, минимальный контроль) | (0,66-1,0] |

Таблица 2.8

Опыт рабочих в бригаде

| Наименование | Значение |
|------------------------------|-------------|
| Низкий опыт (до 3 лет) | (0-0,33] |
| Средний опыт (от 3 до 8 лет) | (0,33-0,66] |
| Высокий опыт (более 8 лет) | (0,66-1,0] |

Таблица 2.9

Трудовая дисциплина рабочих в бригаде

| Наименование | Значение |
|---|-------------|
| Систематические нарушения, требуется постоянный контроль, отклонения от графика | (0-0,33] |
| Периодические нарушения, локальные отклонения от графика | (0,33-0,66] |
| Устойчивое соблюдение регламента, отклонения минимальны или отсутствуют | (0,66-1,0] |

Таблица 2.10

Наличие необходимых материалов

| Наименование | Значение |
|--|-------------|
| Систематическая нехватка материалов, остановка работ, существенное влияние на сроки | (0-0,33] |
| Периодические локальные нехватки материалов, возможны замедления в работе, но без длительных остановок | (0,33-0,66] |
| Необходимое наличие материалов, остановки в работе отсутствуют, влияние на сроки минимально | (0,66-1,0] |

Таблица 2.11

Уровень стесненности

| Наименование | Значение |
|--|-------------|
| Высокая стесненность (существенные пространственные ограничения, снижение производительности, затрудненный доступ, повышенные риски) | (0-0,33] |
| Средняя стесненность (локальные ограничения доступа, возможны периодические замедления, но отсутствуют серьезные простои в работе) | (0,33-0,66] |
| Низкая стесненность (благоприятные условия, ограничения минимальные или отсутствуют, влияние на темп выполнения минимально) | (0,66-1,0] |

Таблица 2.12

Погодные условия

| Наименование | Значение |
|---|----------|
| Неблагоприятные условия (значительные отклонения температуры от норм для выполнения работ, ветер) | (0-0,33] |

| Наименование | Значение |
|---|-------------|
| более 20 м/с, значительные осадки, работы замедляются или приостанавливаются) | |
| Допустимые условия (умеренные отклонения температуры, ветер 5-15 м/с, возможны незначительные осадки, производительность работ может снижаться) | (0,33-0,66] |
| Благоприятные условия (температура в пределах нормы, ветер менее 5-10 м/с, отсутствуют осадки, влияние на скорость выполнения работ минимально) | (0,66-1,0] |

Таблица 2.13

Уровень сложности работ

| Наименование | Значение |
|---|-------------|
| Высокая сложность (работы нетиповые, требуют высокой квалификации и строгого соблюдения технологии, повышенные технологические риски) | (0-0,33] |
| Средняя сложность (работы стандартные, требуют профессиональных навыков, возможны локальные технологические трудности) | (0,33-0,66] |
| Низкая сложность (типовые работы, выполняются по отработанным решениям, минимальные технологические риски) | (0,66-1,0] |

Таблица 2.14

Качество и современность оборудования

| Наименование | Значение |
|---|----------|
| Низкий уровень оснащенности (устаревшее оборудование, снижение производительности выполнения работ) | (0-0,33] |

| | |
|---|-------------|
| Средний уровень оснащенности (оборудование предыдущего поколения, соответствует базовым требованиям, возможны функциональные ограничения) | (0,33-0,66] |
| Высокий уровень оснащенности (современное оборудование, минимальные технологические риски, высокая производительность) | (0,66-1,0] |

Таким образом, выявлен перечень факторов, влияющих на трудоемкость выполнения работ. Для их дальнейшего использования необходимо вести их учет, оценивать их влияние и прогнозировать трудоемкость отдельных видов работ. Для этого целесообразно применять современные цифровые технологии, одной из которых является технология анализа больших данных.

2.4. Технологии анализа больших данных как инструмент принятия организационно-технологических решений при организации ремонтно-строительных проектов

В течение жизненного цикла зданий накапливается значительное количество информации о техническом состоянии объектов, результатах проводимых обследований, выполненных ремонтно-строительных работах. Подобная информация позволяет формировать массив данных, который возможно использовать для анализа закономерностей реализации ремонтно-строительных проектов и прогнозирования их параметров. В связи с увеличением количества данных и разнообразием информации возрастает потребность в их качественной обработке, для этого требуется применение современных подходов [124]. Одним из эффективных подходов для решения подобных задач является применение технологии обработки больших данных [94].

За последние годы тематике больших данных посвящено значительное количество книг и научных трудов [23, 26, 28, 142, 151]. Термин большие данные (Big Data) появился сравнительно недавно, а активное употребление словосочетания начинается с 2011 года, как показано на рисунке 2.6.

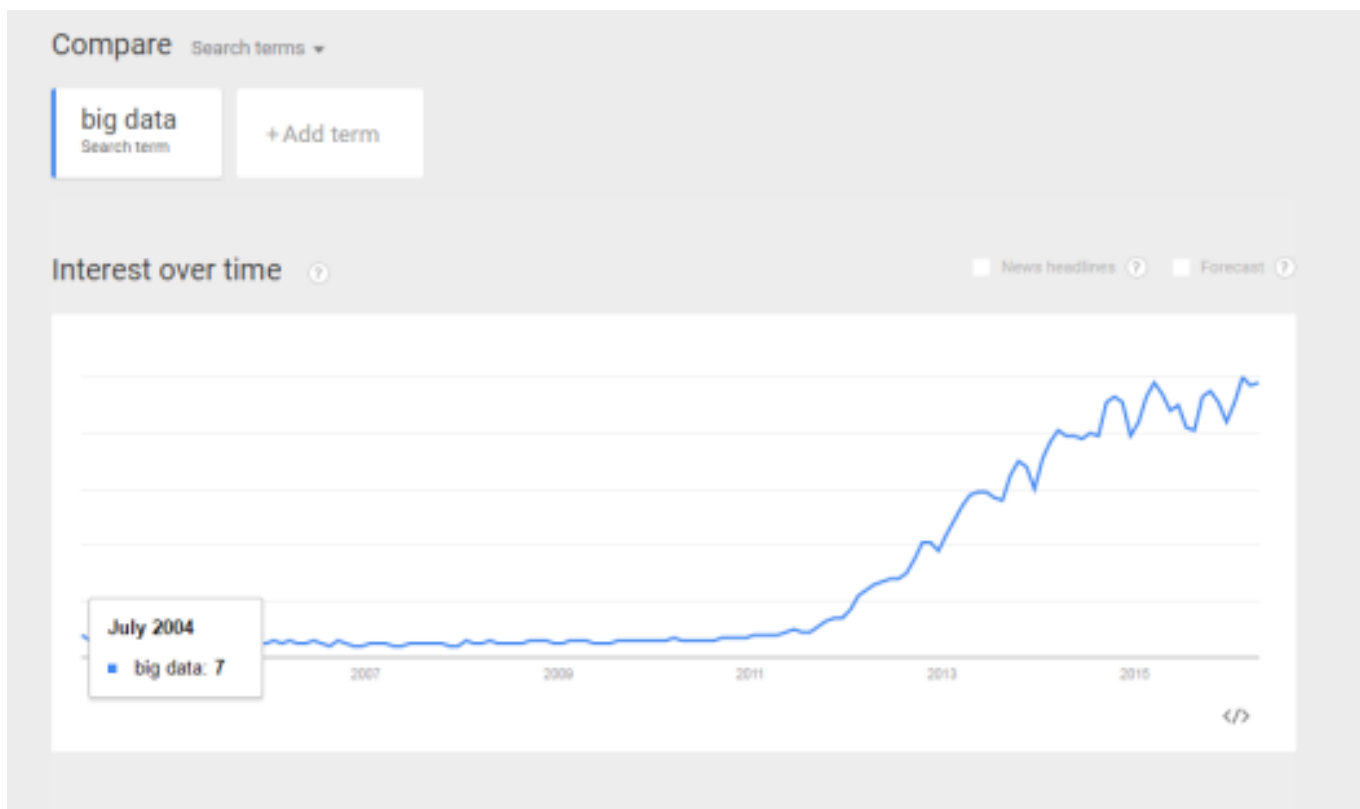


Рисунок 2.6. Рост популярности термина «Big Data» (статистика)

В соответствии с ГОСТ Р ИСО/МЭК 20546-2021 под большими данными подразумеваются большие массивы данных, отличающиеся такими характеристиками как объем, разнообразие, скорость обработки и/или вариативность, которые требуют использования технологий масштабирования для эффективного хранения, обработки, управления и анализа [41]. Данные – это представление информации в формальном виде, пригодном для передачи, интерпретации или обработки [41, 23, 149]. Важным фактором является то, что такие данные ассоциируется с ценностью, которая ранее не рассматривалась.

Практически у каждой организации в той или иной степени накапливаются данные, представляющие потенциальную ценность для анализа и принятия управленческих решений. В рамках диссертационного исследования акцент делается не столько на сами объемы данных, сколько на обработку неструктурированной и разнородной информации.

Применение технологий больших данных предоставляет огромные возможности для решения различных задач [140]. Например, они могут использоваться

для прогнозирования стоимости недвижимости, анализа спроса, оценки рисков при строительстве объектов и других задач [123]. В области эксплуатации зданий все большее внимание уделяется разработке «цифровых двойников», которые позволяют эффективно решать широкий спектр задач [139, 124]. Однако, несмотря на эти достижения, вопрос применения анализа больших данных в управлении ремонтно-строительными проектами остается недостаточно разработанным.

С термином большие данные тесно связаны понятия: наука о данных (data science), анализ данных (data analysis), аналитика данных (data analytics), сбор данных (data mining) и машинное обучение (machine learning). В рамках диссертационного исследования более подробно рассматривается понятие машинного обучения как элемента работы с большими данными.

В соответствии с ГОСТ Р 59895-2021 под машинным обучением подразумевается процесс автоматического обучения и совершенствования поведения системы искусственного интеллекта на основе обработки массива обучающих данных без явного программирования. Таким образом, машинное обучение подразумевает способы применения методов извлечения закономерностей из имеющихся наборов данных.

Машинное обучение тесно связано с понятием искусственного интеллекта (ИИ). Тематике машинного обучения посвящен ряд литературных источников [17, 77, 143].

На рисунке 2.7 представлена классификация основных видов алгоритмов для анализа данных.

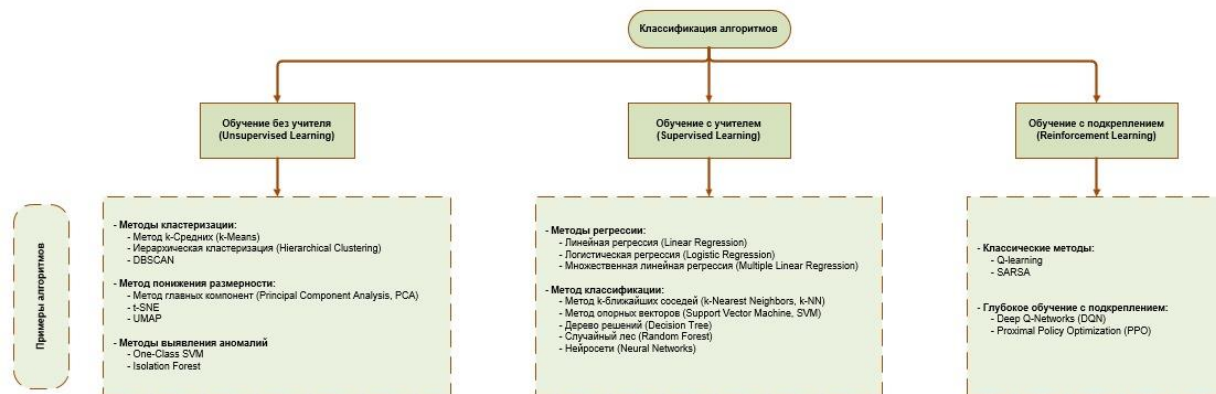


Рисунок 2.7. Классификация основных видов алгоритмов машинного обучения

Машинное обучение является одной из ключевых технологий анализа больших данных, позволяющей выявлять закономерности и строить модели на основе разнородных и неструктурированных данных [58, 147]. В зависимости от наличия размеченной информации выделяют обучение с учителем (Supervised Learning), где модель строится на основе пар «объект-ответ» (X , Y), и обучение без учителя (Unsupervised Learning), при котором алгоритм самостоятельно обнаруживает закономерности в данных. К задачам первого типа относят классификацию и регрессию, где цель – предсказать метку или числовое значение, а ко второму – кластеризацию, оценку плотности распределения и понижение размерности.

Ключевой задачей машинного обучения является построение функции $a: X \rightarrow Y$, которая для нового объекта предсказывает ответ с минимальной ошибкой. Для оценки качества модели используются метрики, такие как среднеквадратичная ошибка (MSE) в задачах регрессии. Выбор алгоритма зависит от структуры и объёма данных, а также от требований к точности прогноза. В рамках диссертационного исследования предпочтение отдается применению обучения с учителем для прогнозирования трудоёмкости ремонтно-строительных работ, которое позволяет анализировать влияние факторов и адаптировать модель при поступлении новых данных.

В процессе исследования был проведен сравнительный анализ популярных методов машинного обучения, представленный в таблице 2.15.

Таблица 2.15

Сравнительный анализ методов машинного обучения

| Метод | Тип задачи | Интерпретируемость | Скорость работы | Гибкость | Область применения | Чувствительность к выбросам | Устойчивость к малому объему данных |
|---|--------------------------------------|--------------------|-----------------|---------------|--|-----------------------------|-------------------------------------|
| Множественная линейная регрессия (Multiple linear regression) | Прогнозирование непрерывных значений | Высокая | Средняя | Низкая | Задачи регрессии, экономические модели | Низкая | Высокая |
| Логистическая регрессия (Logistic Regression) | Классификация | Высокая | Средняя | Низкая | Бинарная классификация, маркетинговые исследования | Средняя | Средняя |
| Случайный лес (Random Forest) | Классификация и регрессия | Средняя | Низкая | Средняя | Сложные задачи классификации и регрессии | Средняя | Низкая |
| Деревья решений (Decision Trees) | Классификация и регрессия | Средняя | Средняя | Средняя | Простые задачи классификации, неструктурированные данные | Средняя | Низкая |
| К-ближайших соседей (KNN) | Классификация и регрессия | Низкая | Средняя | Средняя | Простейшая классификация, рекомендательные системы | Высокая | Средняя |
| Нейронные сети (Neural Networks) | Классификация и регрессия | Низкая | Высокая | Очень высокая | Классификация изображений, обработка текста | Очень высокая | Низкая |

На основании сравнительного анализа можно сделать вывод, что линейная множественная регрессия имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами [148, 150]. Важной особенностью регрессии является высокая интерпретируемость результатов. При сравнительно небольшом объеме данных регрессия может показывать устойчивые результаты. Данный метод возможно применять в реальной деятельности ремонтно-строительных организаций.

Особенности множественной линейной регрессии подтверждают целесообразность ее использования в рамках диссертационного исследования в качестве инструмента прогнозирования значений трудоёмкости выполнения работ. Благодаря такому подходу возможно оценивать влияние факторов на трудоемкость работ. Таким образом, это может являться одним из ключевых инструментов выбора организационно-технологических решений при реализации РСП.

Одной из задач машинного обучения является обработка данных. Особенно это важно в условиях недостаточного количества информации, возникающих по многим причинам, одной из которых может являться сложность получения реальных данных [17, 77, 90]. Важно учитывать особенности реальных ремонтно-строительных организаций, данные в которых могут собираться медленно. Объем данных сначала может быть незначительным, но за счет постоянного выполнения РСР они накапливаются и приобретают ценность.

Механизмы анализа, используемые в исследовании, соответствуют принципам анализа больших данных – в частности, за счёт обработки разнородной информации, выявления закономерностей и обучения на исторических выборках.

Для решения проблемы ограниченности выборки могут применяться способы искусственного расширения данных. Такие подходы преимущественно используются в решении задач, связанных с распознаванием компьютерных изображений, но также есть возможность для работы с числовыми данными, позволяющая решать подобного рода задачи. Одним из известных алгоритмов является алгоритм SMOTE (Synthetic minority over-sampling technique, позволяющий производить генерацию искусственных примеров для миноритарного класса (доля примеров для

которого мала), а также имеется возможность применения данного алгоритма для регрессии [23, 49, 90, 156].

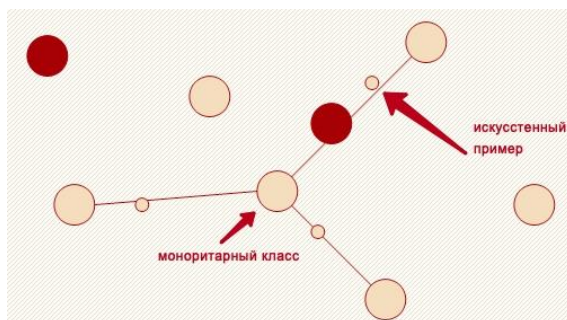


Рисунок 2.8. Схематичное изображение искусственно созданных примеров

Для создания новой записи может использоваться алгоритм KNN, на основе которого выбирают ближайшие нужные классы, проводят ряд операций и получают искусственно сгенерированный пример.

Кроме того, качество модели во многом зависит от правильного выбора признаков и предобработки данных. Например, линейные модели требуют нормализации признаков, а наличие выбросов или шумовых переменных может существенно ухудшить результаты. Одним из ключевых аспектов является борьба с переобучением – ситуацией, когда модель запоминает обучающую выборку, но плохо обобщает закономерности. Для оценки качества работы модели может использоваться метод разделения выборки данных на обучающую и тестовую. Одним из решений является применение метода кроссвалидации, при котором выборка делится на подмножества, и модель обучается k раз.

Применение технологий анализа больших данных позволяет учитывать влияние на выполнение РСР разнородных факторов. Это способствует повышению точности прогнозирования значений трудоёмкости работ. Данный подход помогает улучшать планирование, организацию и контроль над выполнением работ. Таким образом, анализ больших данных повышает эффективность управления ремонтно-строительными проектами и, как следствие, управления жизненным циклом объектов недвижимости.

Выводы по главе 2.

1. Выявлены особенности организации РСП на эксплуатационном этапе жизненного цикла объекта недвижимости. Определены основные этапы ремонтно-строительных проектов с выделением ключевых задач участников реализации проектов. Обоснована необходимость разработки нового подхода к повышению эффективности управления РСП.
2. Проанализированы некоторые особенности календарного планирования в условиях реализации РСП. Рассмотрены подходы и инструментарии по определению технического состояния здания. Сделан вывод о том, что технические средства развиваются, а точность показателей измерений растет.
3. На основании системного подхода проведен анализ причин возникновения дефектов, влияющих на различные элементы здания. Выполнена классификация дефектов с учетом перечня критериев и выявлены недостатки существующих классификаторов. Сделан вывод, что для устранения дефектов необходима организационно-технологическая подготовка работ, выполнение которых зависит от различного рода факторов, важнейшим из которых является трудоемкость.
4. Проведён экспертный опрос специалистов в области ремонтно-строительного производства с различным опытом и должностями с целью выявления факторов, влияющих на трудоемкость выполнения работ. Проанализированы результаты экспертного опроса. На основе метода априорного ранжирования определены наиболее значимые факторы.
5. Установлено, что в течение жизненного цикла зданий накапливаются данные о них в значительном объёме. Данные разнородны, имеют циркулярный и нециркулярный характер, их можно классифицировать по разным признакам. Выявлены особенности использования термина больших данных, сделан акцент на обработку неструктурированных и разнородных данных. Произведен анализ методов машинного обучения как инструментов анализа больших данных. Проработан вопрос, связанный с часто возникающей проблемой предобработки данных и решения проблемы переобучения.

ГЛАВА 3. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ЗДАНИЯ В ТЕЧЕНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

3.1. Разработка методики организации ремонтно-строительных проектов и оценки их организационно-технологической надежности

Под обеспечением организационно-технологической надёжности ремонтно-строительных проектов в рамках настоящего диссертационного исследования понимается соблюдение сроков и качества выполнения работ при ограниченных трудовых ресурсах, в том числе в условиях неопределённости и риска.

В диссертационном исследовании разработана методика повышения эффективности управления жизненным циклом общественных зданий за счет организации ремонтно-строительных работ на основе анализа больших данных.

Методика включает «нулевой» и пять основных этапов:

0. Проверка наличия цифровой информационной модели объекта.
1. Классификация общественного здания по ряду признаков.
2. Выделение основных элементов здания и их видов.
3. Определение дефектов в соответствии с видом элемента.
4. Определение состава работ по устранению каждого из дефектов и формирование организационно-технологических решений.
5. Выбор наилучшего решения на основе применения технологии анализа больших данных и оценка уровня организационно-технологической надежности.

Блок-схема методики представлена на рисунке 3.1.

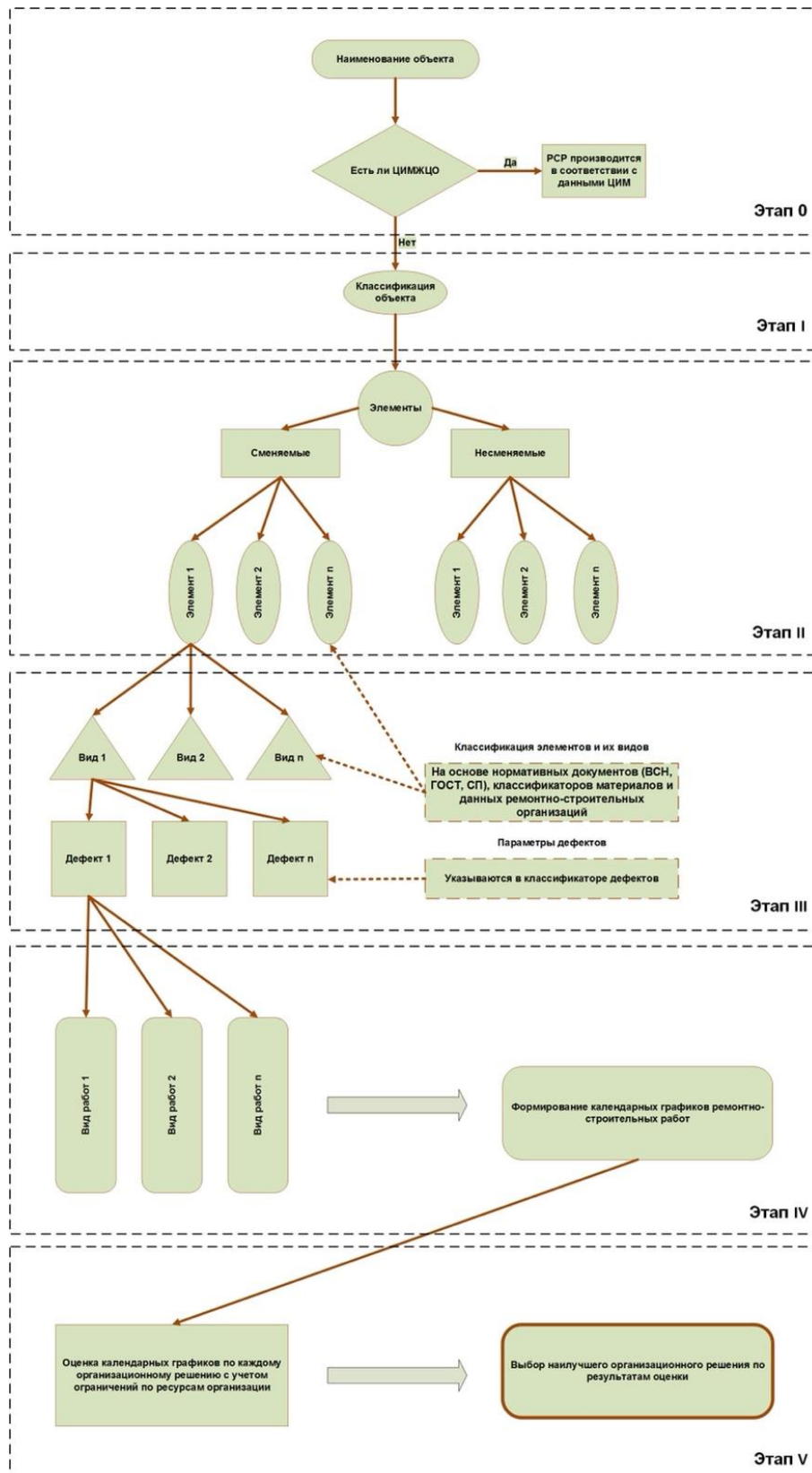


Рисунок 3.1. Блок-схема организации ремонтно-строительных работ общественных зданий

Представленная блок-схема включает нулевой и пять основных этапов, главной целью которых является выбор наиболее рационального организационно-технологического решения, обеспечивающего своевременное и качественное выполнение работ, что повышает эффективность при управлении ремонтно-строительными проектами и жизненным циклом здания в целом. На «нулевом» этапе проверяется наличие у здания цифровой информационной модели объекта капитального строительства (ЦИМ ОКС). При ее наличии управление РСП осуществляется с использованием данных цифровой модели. Требования к применению информационного моделирования установлены Постановлением Правительства № 331 от 05.03.2021 года.

На первом этапе происходит классификация здания по ряду признаков для последующего сравнения объектов по сходным параметрам, анализа ранее примененных способов устранения дефектов, определения реализованного состава работ. На втором этапе выделяются сменяемые и несменяемые элементы с определением их видов, а на третьем для более точной диагностики происходит привязка к ним дефектов.

После того, как определены дефекты и определен перечень работ по устранению каждого из них, происходит формирование организационных решений, что соответствует четвертому этапу методики. Организационные решения представляют собой календарные графики выполнения ремонтно-строительных работ по альтернативным методам организации работ.

Основой для применения механизма анализа больших данных в рамках исследования является показатель трудоемкости. Это связано с тем, что работы могут включать широкий спектр разнообразных задач, которые могут отличаться по сложности, трудоёмкость позволяет учесть эти различия.

На заключительном, пятом этапе методики, на основе анализа больших данных выбирается организационное решение, для которого вероятность выполнения работ в заданные сроки максимальна. После этого производится определение уровня организационно-технологической надежности выбранного решения.

Предлагаемая блок-схема организации работ с применением элементов анализа больших данных концептуально показывает взаимодействие этапов организации работ и облегчает процессы встраивания в единую систему поддержки принятия организационно-технических решений на всех этапах жизненного цикла объектов.

В отличие от традиционных блок-схем, которые используются в виде справочных материалов, предлагаемая блок-схема разработана, чтобы обеспечить следующее:

- возможность разработки и автоматизации алгоритмов информационной поддержки принятия решений на всех этапах жизненного цикла;
- встраивание в единую систему сбора, хранения, обработки данных, формируемых в течение жизненного цикла зданий;
- демонстрацию взаимодействия между этапами при реализации РСР с целью упрощения интеграции цифровых методов и алгоритмов при управлении жизненным циклом объектов;
- взаимосвязь организационных и технологических аспектов при организации ремонтно-строительных проектов и ремонтно-строительных работ;
- полноту методики обеспечения организационно-технологической надежности при управлении ремонтно-строительными проектами.

Разработка блок-схемы организации РСР решает ряд практических задач, открывая широкие перспективы для более эффективного управления объектами недвижимости:

1. Включение в IT-структуру.

Блок-схема упрощает процесс автоматизации принятия решений, так как наглядно показывает взаимосвязь между этапами.

2. Повышение качества принятия решений.

Четкая взаимосвязь этапов данной блок-схемы организации работ позволяет пошагово разработать организационно-технологические решения, что снижает вероятность возникновения ошибок.

3. Снижение издержек.

Опыт применения разработанной блок-схемы дает возможность определить типовые ошибки и снизить вероятность их наступления в будущем.

4. Долгосрочная поддержка объекта.

Данные накапливаются с течением времени, что позволяет применять новые инструменты анализа данных и включать их в блок-схему организации РСР. Такой подход способствует появлению новой информации при управлении объектом.

5. Снижение рисков аварийных ситуаций.

Систематизация информации в рамках применения блок-схемы позволяет снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций, так как возможен контроль на каждом этапе.

Применение разработанной блок-схемы организации РСР общественных зданий в управлении ЖЦ объекта представлено на рисунке 3.2.

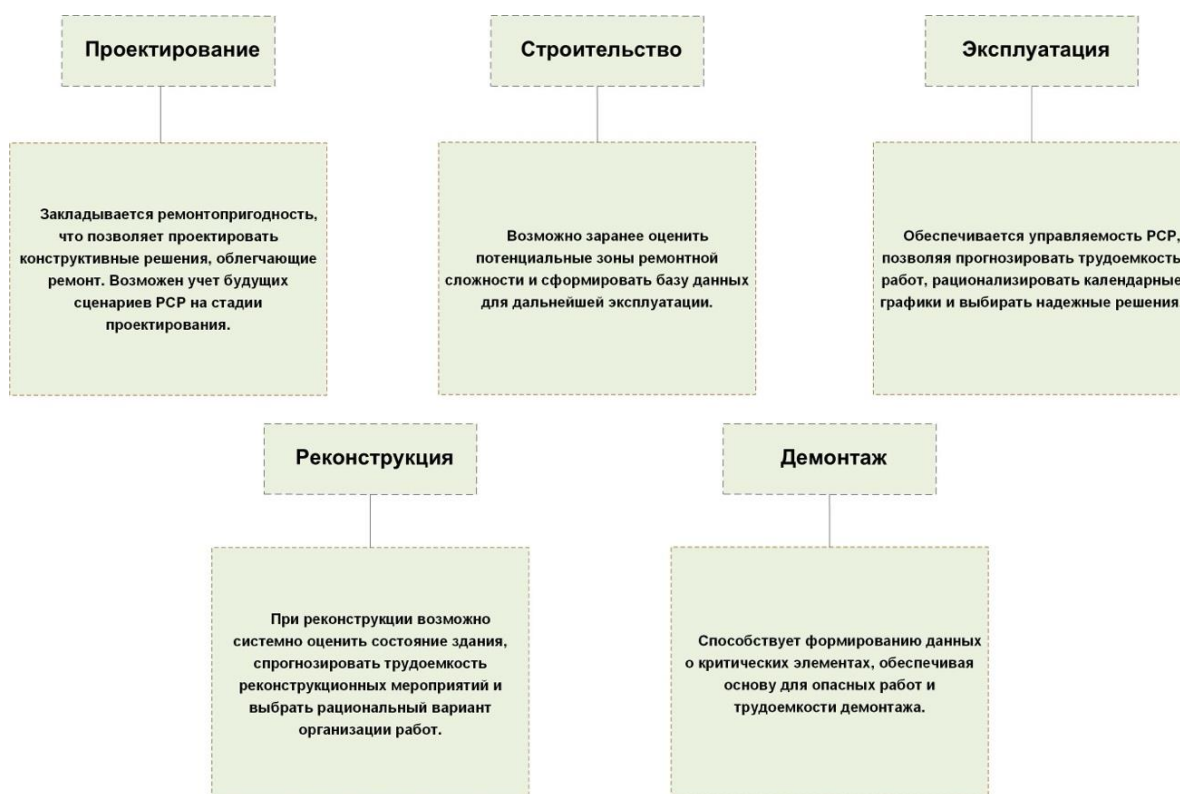


Рисунок 3.2. Применение блок-схемы организации РСР общественных зданий в управлении жизненным циклом объекта

Разработанная блок-схема показывает последовательность этапов для обеспечения ОТН при реализации ремонтно-строительных проектов. Содержание блок-схемы и взаимосвязь между этапами составляют основу для реализации методики и возможности ее применения на каждом этапе управления жизненным циклом объектов капитального строительства.

В настоящее время четкое разделение общественных зданий не регламентировано. Существующие классификации общественных зданий, например, представленная в СП 313330.2012 «Общественные здания и сооружения», имеют ряд ограничений, которые могут затруднять процесс планирования и проведения ремонтных работ. В этом классификаторе предлагается ограниченный набор признаков, и не принимаются во внимание многие важные аспекты, влияющие на комплексный подход к ремонту общественных объектов. В частности, в нем отсутствуют характеристики, которые могли бы упростить и систематизировать планирование ремонтных работ благодаря учету разнообразия конструктивных особенностей и эксплуатационных требований зданий. В СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» общественные здания рассматриваются с точки зрения их санитарных и технических характеристик. Таким образом, учитывая уникальные особенности каждого здания, рационально расширить классификацию общественных зданий по некоторым признакам. Поэтому в работе предложен авторский подход к построению классификатора общественных зданий на основании существующих классификаций.

Так как общественных зданий и, соответственно, их классификаций много, для организации и управления РСР целесообразно применять инструменты анализа больших данных, позволяющие обрабатывать большое количество информации о зданиях с учетом их типов, материала, стадий жизненного цикла.

Предложенный классификатор общественных зданий представляет собой двухуровневое дерево. Первый уровень классификации соответствует ряду первичных критериев, начальное число которых равно 5. Перечисленные критерии классификации отобраны автором по результатам опроса специалистов, работающих в

ремонтной деятельности на территории Москвы и Московской области. Особенностью классификатора является то, что число критериев может быть увеличено до 9.

Второй уровень классификатора соответствует вариантам дополнительной декомпозиции внутри каждого критерия первого уровня. Число элементов второго уровня для каждой из ветвей дерева может изменяться от 1 до 9. Итоговый код общественного здания формируется с использованием позиционной системы кодирования и представляет собой 18-ти разрядное число, каждая пара разрядов которого описывает классификацию здания по тому или иному признаку. В рамках исследования используются первые 10 разрядов, остальные разряды резервируются для дальнейшей возможности расширения классификации.

Таблица 3.1

Классификатор общественных зданий

| 1-й уровень классификации | 2-й уровень классификации |
|----------------------------------|---|
| 1. По функциональному назначению | 1.1. Образовательные учреждения: школы, университеты, детские сады, учебные центры. |
| | 1.2. Медицинские учреждения: больницы, поликлиники, диспансеры, медицинские центры. |
| | 1.3. Спортивные объекты: стадионы, спортивные комплексы, бассейны, фитнес-центры. |
| | 1.4. Культурно-досуговые здания: театры, кинотеатры, музеи, библиотеки, концертные залы. |
| | 1.5. Торгово-развлекательные центры: магазины, торговые комплексы, выставочные павильоны. |

| 1-й уровень классификации | 2-й уровень классификации |
|--------------------------------------|--|
| | 1.6. Административные здания: офисы, здания государственных органов, административные учреждения. |
| | 1.7. Транспортные здания: вокзалы, аэропорты, автостанции, метрополитены. |
| | 1.8. Здания для временного проживания: гостиницы, хостелы, общежития. |
| | 1.9. Здания общественного питания: рестораны, кафе, столовые. |
| 2. По этажности | 2.1. Малой этажности (1-3 этажа) |
| | 2.2. Средней этажности (4-9 этажей) |
| | 2.3. Многоэтажные (более 9 этажей) |
| 3. По году постройки | 3.1. Здания, построенные до 1950-х годов (требуют особого внимания к инженерным системам, возможной реконструкции). |
| | 3.2. Здания советского периода (характерны типовые конструкции и материалы). |
| | 3.3. Современные здания (построены по новым стандартам, часто с использованием новых технологий и материалов). |
| 4. По материалам несущих конструкций | 4.1. Кирпичные |
| | 4.2. Деревянные |
| | 4.3. Металлические |
| | 4.4. Бетонные / железобетонные |
| 5. По конструктивной системе | 6.1. Каркасные здания: здания, где основной несущей конструкцией является каркас (железобетонный или металлический). |

| 1-й уровень классификации | 2-й уровень классификации |
|---------------------------|--|
| | 6.2. Бескаркасные здания: здания с несущими стенами, где каркас отсутствует. |
| | 6.3. Монолитные здания: здания, где для создания конструкций используется метод монолитного бетонирования. |
| | 6.4. Сборные здания: здания, выполненные из сборных элементов (панелей или блоков). |

На основании таблицы 3.1 представленный на рисунке 3.3 код соотносится со зданием, по функциональному назначению соответствующим медицинскому учреждению, средней этажности, советского периода постройки, имеющим железобетонные несущие конструкции и каркасную конструктивную систему.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 4 | 4 | 5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

Рисунок 3.3. Пример кода классификации общественных зданий

Нулевые значения разрядов кода означают, что по соответствующим критериям классификация здания не проводится. Разработанный классификатор ориентирован на описание уже эксплуатируемых зданий, что обеспечивает его прямую применимость к ремонтно-строительным проектам. В отличие от универсальных классификаторов (таких как классификатор строительной информации – КСИ), используемых преимущественно в проектировании, предложенный подход учитывает характеристики реально существующих объектов, включая их функциональное назначение и конструктивные особенности. Ключевым преимуществом разработанного классификатора является возможность позиционного кодирования характеристик здания, при котором каждый классификационный признак отражается в виде пары разрядов в составе цифрового кода. Это позволяет формализовать здание по ряду значимых признаков и использовать полученные данные в цифровых

системах поддержки управленческих решений, включая задачи планирования ремонтно-строительных проектов.

Следующим шагом является выделение сменяемых и несменяемых элементов здания в соответствии с классификатором «элементы здания», представленном на рисунке 3.4.

Классификатор представляет собой древовидную структуру, состоящую из четырехуровневых деревьев, что позволяет хранить информацию удобным способом. Он также является эффективной основой построения работы с базой данных. Данный классификатор может пополняться данными о новых элементах и информацией по ранее введенным элементам. Элементы здания могут добавляться в зависимости от процедуры проведения обследования, и данные по каждому элементу хранятся в базе, которая позволяет получить необходимый элемент для дальнейшего использования. На верхнем уровне классификатора представлена категория конструктивная часть здания, объединяющая основные элементы и системы здания. На втором уровне – функциональное назначение элементов (несущие элементы, ограждающие элементы, кровельные элементы, инженерные коммуникации), на третьем уровне описывается сам элемент, а четвертый уровень описывает его тип. Например, элемент «стеклянный фасад здания» может иметь тип стоечно-ригельный, структурный, блочный. Определенному типу элемента соответствует определенный перечень дефектов. Дефекты могут совпадать между собой, но их четкая классификация и привязка к конкретному типу позволят в дальнейшем более точно формировать работы. Каждый элемент классификатора имеет свой *код_элемента* и *код_тип_элемента*, который является его уникальным идентификатором.

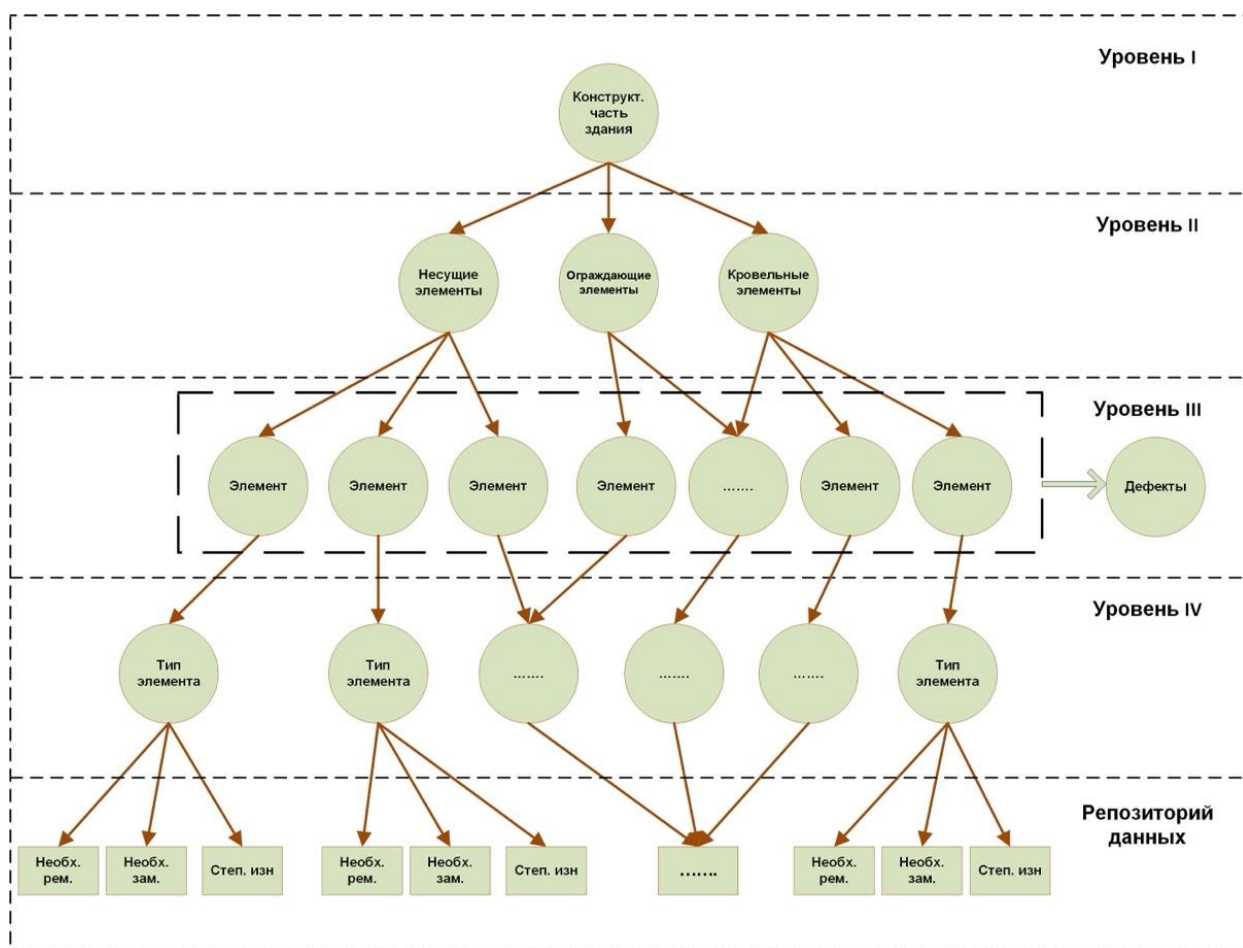


Рисунок 3.4. Обобщенная структура классификатора элементов

Каждый элемент классификатора имеет определенные реквизиты: необходимость ремонта (да/нет), необходимость замены (требуется или не требуется), степень износа (низкая, средняя, высокая), дополнительные данные (при необходимости). Репозиторий данных содержит характеристики конкретных элементов, которые могут быть дополнены по решению экспертов.

Помимо информации об элементах зданий, для получения представления о рекомендуемых видах работ используется представленный на рисунке 3.5 классификатор дефектов.

Каждый тип элемента здания в классификаторе элементов здания является входной информацией для классификатора дефектов, что обеспечивает связь между классификаторами. Данная привязка позволяет классифицировать дефекты системно и по группам.

Классификатор дефектов так же, как и классификатор элементов, имеет древовидную структуру. Важной задачей на начальных уровнях является определение «критичности» дефекта, то есть установки приоритета устранения дефекта. Далее необходимо определить тип дефекта и выяснить, реально ли устранить дефект проведением ремонтных работ, или же поврежденный элемент необходимо заменять. Помимо этого, классификатор хранит перечень работ по устранению того или иного дефекта.

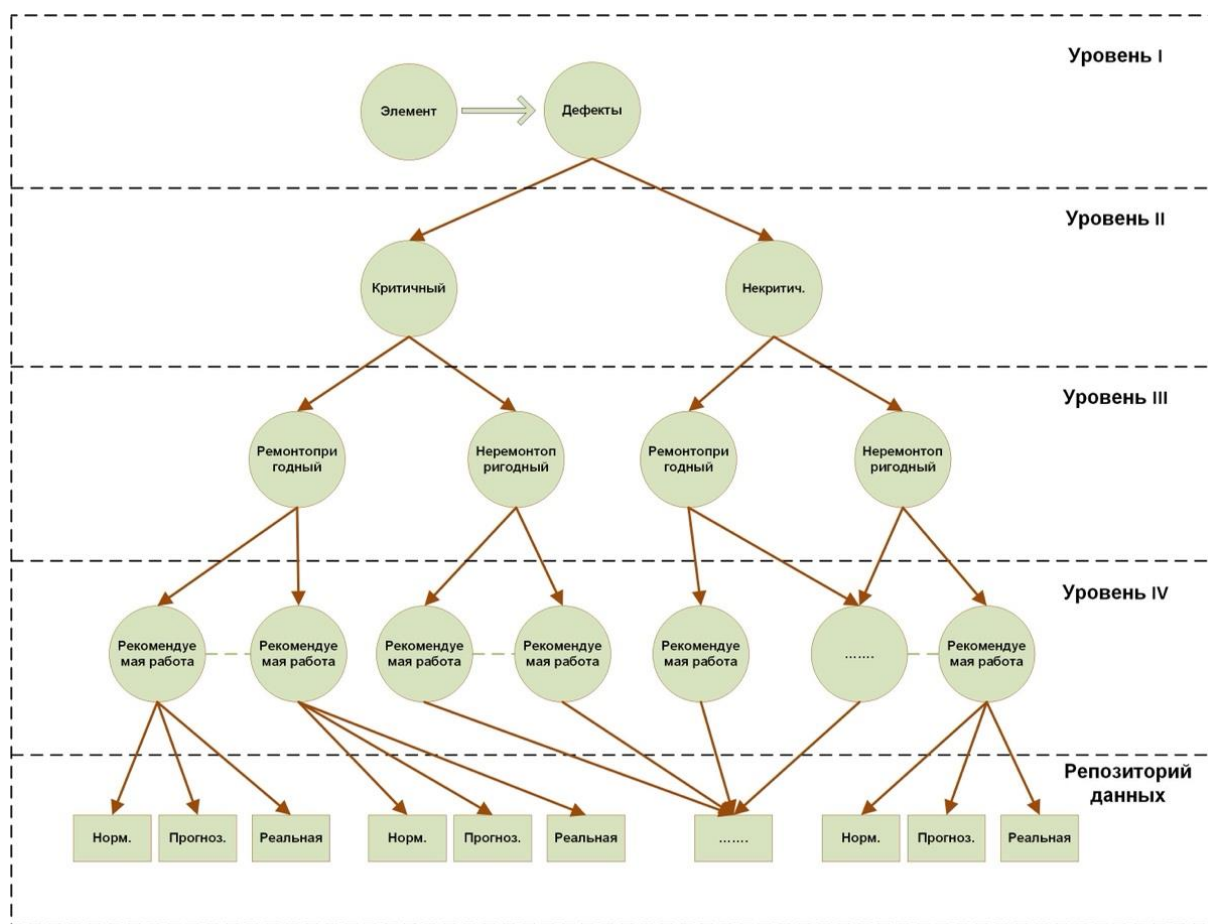


Рисунок 3.5. Обобщенная структура классификатора дефектов

Классификатор дефектов непосредственно связан с классификатором «элементы здания», так как каждому элементу соответствует свой перечень дефектов. Дефекты выявляются на основании проведения осмотров и обследования здания. Итоговые значения реквизитов классификатора элементов формируются с учетом анализа уровней классификатора дефектов.

Важной особенностью является то, что по мере накопления данных в информационной базе о различных дефектах и способах их устранения появляется возможность выбора мероприятий по устранению конкретного типа дефекта.

Ключевой особенностью классификатора в отношении каждой работы является хранение информации о значениях трех показателей трудоемкости: нормативной трудоемкости, средней фактической трудоемкости (реальной) и прогнозируемой на основании анализа больших данных.

Предлагаемая структура классификаторов элементов зданий и соответствующих дефектов предназначена для интеграции в единую систему сбора, хранения и анализа данных о состоянии зданий в течение всего их жизненного цикла. Данная структура служит основой для упорядоченного внесения информации обо всех элементах конструкции и зарегистрированных нарушениях их нормальной работы.

В отличие от традиционных классификаторов, предложенная структура направлена на то, чтобы обеспечить следующее:

- четкую идентификацию элементов и дефектов, удобную для последующей автоматической обработки;
- простоту адаптации к любым видам зданий и строительных конструкций;
- возможность быстрого обновления и расширения без ущерба для совместимости с существующими базами данных;
- удобство представления данных для анализа специалистами разного профиля (архитекторов, инженеров, менеджеров, сотрудников обслуживающих организаций).

Создание подобной структуры классификаторов решает ряд практических задач, связанных с управлением объектом недвижимости:

1. Интеграция в IT-инфраструктуру.

Формирование единой системы хранения данных о здании позволяет обеспечить централизованный сбор и накопление данных о состоянии объекта и его элементах. Как следствие, упрощается доступ к архивной информации.

2. Повышение качества принимаемых решений.

Анализ накопленных данных помогает выявить закономерности появления дефектов, сравнивать объекты между собой и формировать наиболее рациональные решения при проведении РСР.

3. Снижение эксплуатационных затрат.

Использование разработанной структуры классификаторов дает возможность планировать работы наиболее рациональным образом, что позволяет сократить расходы при проведении работ.

4. Долгосрочная поддержка объекта.

Постоянное накопление информации об объекте по разработанной структуре позволяет сопоставлять различные данные и тем самым принимать долгосрочные решения в течение ЖЦ объекта.

5. Снижение рисков аварий.

Раннее выявление дефектов помогает принимать современные меры по их устранению, снижая вероятность наступления рисков.

Таким образом, предложенная структура классификаторов является важным инструментом, способствующим формированию целостной системы управления жизненным циклом зданий, обеспечивающим организационные и экономические эффекты за счет повышения обоснованности решений.

Использование классификаторов в управлении ЖЦ объекта представлено на рисунке 3.6.



Рисунок 3.6. Использование классификаторов в управлении жизненным циклом объекта

Структура классификаторов элементов и дефектов зданий существенно усиливает управление жизненным циклом объектов строительства на всех этапах. От проектирования до полного сноса информация собирается, сохраняется и используется повторно, обеспечивая максимальную эффективность и управляемость объекта. Создание единого стандарта дает предпосылки для автоматизации процессов и дальнейшей интеграции в системы интеллектуального управления недвижимостью.

3.2. Применение регрессии как метода анализа больших данных

Прогнозирование трудоемкости по каждому виду работ производится на основе применения множественной линейной регрессии как инструмента анализа больших данных, который был выбран в результате анализа алгоритмов в п. 2.4.

Важной задачей является описание функции, которая позволяет при заданных значениях параметров/признаков выдавать прогнозируемое значение трудоемкости.

В основу расчета продолжительности выполнения ремонтно-строительных работ положена формула

$$t_j = \frac{V_j * Y_j}{Q_j}, \quad (3.1)$$

где t_j – продолжительность j -ой работы, дни;

Y_j – показатель трудоемкости j -ой работы, чел.-дн./ед.изм. или чел.-час./ед.изм.;

V_j – общий объем j -ой работы, ед.изм. работы;

Q_j – количество трудового ресурса, чел.

В общем случае для прогнозирования трудоёмкости выполнения работ рассматривается линейная множественная регрессия:

$$\hat{Y} = a_0 + b_1 a_1 X_1 + b_2 a_2 X_2 + \dots + b_j a_k X_k + \varepsilon_j, \quad (3.2)$$

где X_1, X_2, \dots, X_k – признаки (входные переменные), характеризующие особенности конкретной работы и оказывающие влияние на её трудоёмкость. Их значения получены путём преобразования по шкале Харрингтона (см. п. 2.3);

a_1, a_2, \dots, a_k – коэффициенты (веса) параметров;

b_1, b_2, \dots, b_k – бинарный коэффициент значимости параметров для j -ой работы (0 – фактор незначимый, 1 – фактор значимый);

ε_j – ошибка прогнозирования.

Применение множественной линейной регрессии в рамках диссертационного исследования основано на использовании инструментов анализа больших данных. Предлагаемый подход обладает следующими признаками:

1. Разнообразие и неоднородность данных.

Данные собираются из различных источников (акты оказания услуг, наряды о выполнении работ, КС-2, журналы учета работ, проведение контрольных замеров). Необходимо произвести преобразование в численную форму для последующего анализа, это является одной из ключевых задач обработки данных.

2. Вариативность и изменчивость данных.

Значения факторов, влияющих на трудоемкость работ, изменяются в зависимости от условий их реализации, времени проведения работ, особенностей объекта, внешних факторов.

3. Накопительный эффект данных и увеличение объема.

С течением реализации РСП происходит прирост данных о трудоемкости работ и значениях факторах и, как следствие, растут масштаб и возможности для их обработки.

4. Принцип самообучения.

Возможность постоянного обновления и уточнения параметров регрессии по мере накопления новых данных соответствует принципу самообучения.

5. Ценность данных.

Исходя из ГОСТа данные обладают ценностью, так как их применение выявляет закономерности, и полученную информацию можно применять для повышения эффективности управления.

Таким образом, представленный подход обладает признаками анализа больших данных и позволяет повысить эффективность управления ремонтно-строительными проектами и ЖЦ объектов в целом.

Одним из важных условий применения регрессии является наличие линейной зависимости между признаками и зависимой переменной. Для проверки данного условия был рассмотрен ряд признаков $X_1 - X_8$, которые были предложены пятнадцати экспертам для проведения их оценки относительно трудоемкости. Для этого экспертам было предложено произвести балльную оценку уровня трудоемкости на основе имеющихся оценочных значений отдельных факторов, используя следующие категории оценок:

- 1 – низкий уровень трудоемкости;
- 2 – промежуточные значения;
- 3 – высокий уровень трудоемкости.

Балльные оценки результатов экспертного опроса по каждому фактору представлены в Приложении В.

Для фактора «квалификация рабочих» числовые значения определялись путём усреднения диапазонов, согласно логике, представленной в таблице 3.2:

Таблица 3.2

Усреднение диапазонов фактора

| Интервал значений | Преобразованное значение |
|-------------------|--------------------------|
| 0,0–0,33 | 0,165 |
| 0,34–0,66 | 0,5 |
| 0,67–1,0 | 0,835 |

Для проверки линейной зависимости применяется коэффициент корреляции Пирсона:

$$r = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 \sum (Y_i - \bar{Y})^2}}, \quad (3.3)$$

где X_i – преобразованное значение уровня квалификации;

Y_i – экспертное значение трудоёмкости, в баллах по 3-балльной шкале (1–3);

\bar{X}, \bar{Y} – среднее экспертное значение уровня квалификации и трудоёмкости.

Расчетные значения между значениями фактора и трудоёмкостью представлены в таблице 3.3:

Таблица 3.3

Расчетные значения фактора

| № | X_i | Y_i | $X_i - \bar{X}$ | $Y_i - \bar{Y}$ | $(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$ | $(X_i - \bar{X})^2$ | $(Y_i - \bar{Y})^2$ |
|----------|-------|-------|-----------------|-----------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 0,165 | 3 | -0,335 | 1,067 | -0,357 | 0,112 | 1,138 |
| 2 | 0,5 | 1,6 | 0 | -0,333 | 0,000 | 0,000 | 0,111 |
| 3 | 0,835 | 1,2 | 0,335 | -0,733 | -0,246 | 0,112 | 0,538 |
| Σ | | | | | -0,603 | 0,22 | 1,787 |

Рассчитанный коэффициент корреляции составил:

$$r = \frac{-0,603}{\sqrt{0,22 \times 1,787}} \approx -0,952 \quad (3.4)$$

Высокая отрицательная корреляция указывает на наличие устойчивой обратной линейной зависимости между уровнем квалификации и трудоёмкостью: чем выше квалификация рабочих, тем ниже предполагаемая трудоёмкость. Расчет коэффициента корреляции выполнен как проверка наличия линейного тренда на агрегированных экспертных оценках.

Аналогичные расчёты были выполнены и для остальных факторов (стеснённость, дисциплина, локализация фронта работ и др.) с использованием аналогичного метода и последующего расчёта коэффициента корреляции. Результаты показали устойчивое наличие линейной зависимости между признаками и трудоёмкостью. Это подтверждает возможность использования множественной линейной регрессии для прогнозирования трудоёмкости на основе значений факторов. Полные таблицы экспертных оценок представлены в Приложении В. Сводные значения коэффициентов корреляции по каждому фактору приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4

Сводные значения коэффициентов корреляции

| № | Фактор | Коэффициент корреляции (r) |
|---|---------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Квалификация рабочих | -0,952 |
| 2 | Опыт работы в бригаде | -0,996 |
| 3 | Трудовая дисциплина рабочих | -0,952 |
| 4 | Наличие необходимых материалов | -0,996 |
| 5 | Уровень стесненности | -0,974 |
| 6 | Погодные условия | -0,996 |
| 7 | Уровень сложности работ | -0,996 |
| 8 | Качество и современность оборудования | -0,971 |

По результатам оценки каждого из факторов были построены гистограммы, представленные на рисунках 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, 3.14.

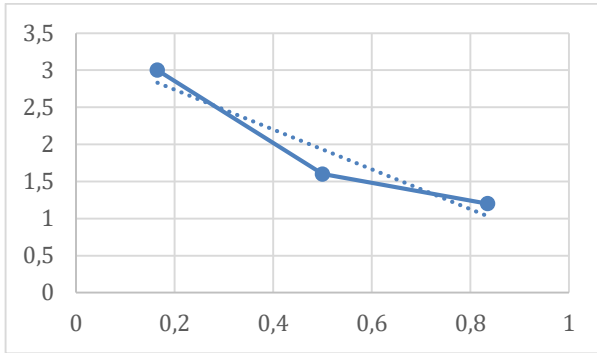


Рисунок 3.7. Диаграмма зависимости трудоёмкости от уровня квалификации рабочих

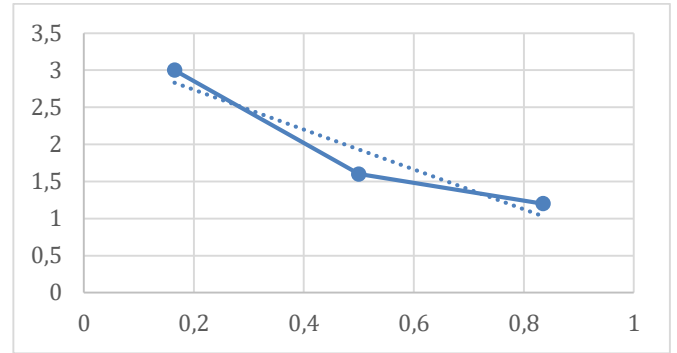


Рисунок 3.8. Диаграмма зависимости трудоёмкости от опыта рабочих

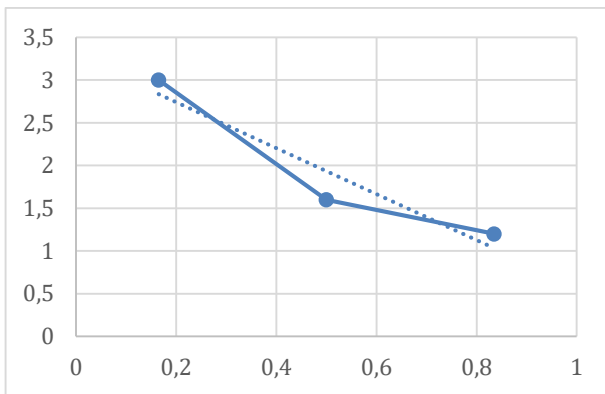


Рисунок 3.9. Диаграмма зависимости трудоёмкости от трудовой дисциплины

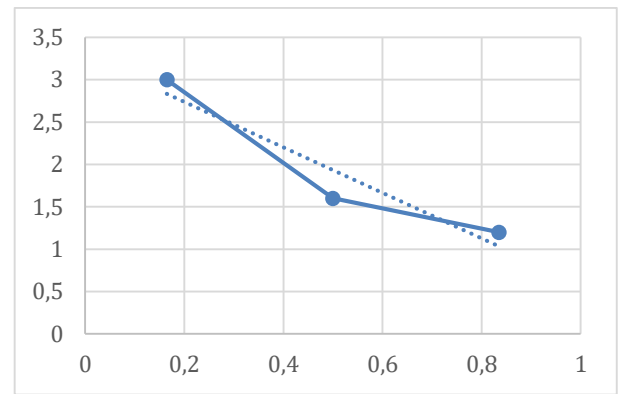


Рисунок 3.10. Диаграмма зависимости трудоёмкости от наличия необходимых материалов

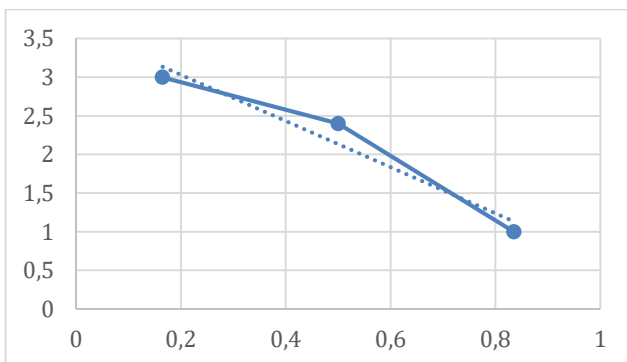


Рисунок 3.11. Диаграмма зависимости трудоёмкости от уровня стесненности

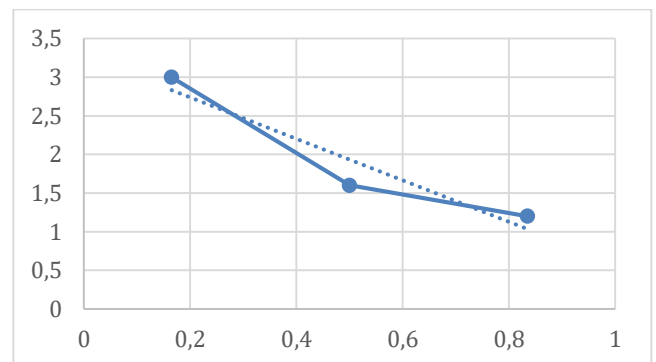


Рисунок 3.12. Диаграмма зависимости трудоёмкости от погодных условий

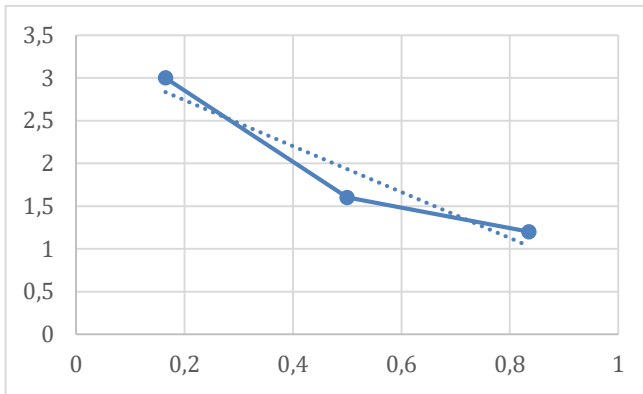


Рисунок 3.13. Диаграмма зависимости трудоёмкости от уровня сложности работы

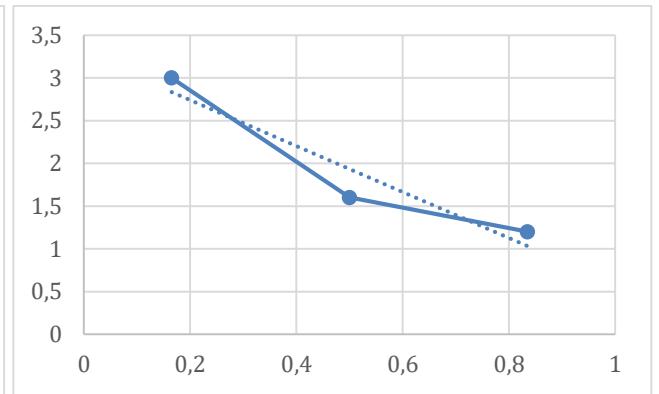


Рисунок 3.14. Диаграмма зависимости трудоёмкости от качества и современности оборудования

По результатам анализа экспертных оценок и построенных диаграмм наблюдается устойчивая тенденция, подтверждающая наличие линейной зависимости между признаками и трудоёмкостью. Это позволяет использовать методы линейной регрессии для построения модели прогнозирования.

После установления зависимости между факторами и трудоёмкостью следующим этапом является описание процедуры прогнозирования, основанной на накоплении фактических данных о трудоёмкости различных видов ремонтно-строительных работ.

В отличие от предыдущего этапа, ориентированного на экспертную оценку, здесь рассматривается теоретическая модель использования линейной регрессии для расчёта прогнозных значений трудоёмкости и оценки их вариативности.

Для оценки статистической значимости используется коэффициент детерминации R^2 для j -ой работы (3.5).

$$R_j^2 = \frac{SSR_j}{SST_j}, \quad (3.5)$$

где SSR_j – сумма квадратов регрессии (3.6);

SST_j – полная сумма квадратов (3.7).

$$SSR_j = \sum_{i=1}^{n_j} (\hat{Y}_{ij} - \bar{Y}_j)^2, \quad (3.6)$$

где \hat{Y}_{ij} – предсказанное значение трудоемкости работы для i -го случая конкретного вида работы j ;

\bar{Y}_j – среднее значение трудоемкости j -ой работы по всем наблюдениям;

n_j – количество наблюдений конкретной работы j .

$$SST = SSR + SSE, \quad (3.7)$$

$$SSE_j = \sum_{i=1}^{n_j} (Y_{ij} - \hat{Y}_{ij})^2, \quad (3.8)$$

где Y_{ij} – реальное значение трудоемкости работы для i -го случая конкретного вида работы j .

Оценка среднеквадратичного отклонения j -ой работы рассчитывается по формуле (3.9):

$$\sigma(Y_j) = \sqrt{D(Y_j)}, \quad (3.9)$$

где $D(Y_j)$ – дисперсия трудоемкости j -ой работы (определяется по формуле (3.10):

$$D(Y_j) = \sum_{i=1}^{n_j} (Y_{ij} - \bar{Y}_j)^2, \quad (3.10)$$

где \bar{Y}_j – среднее значение трудоёмкости конкретного вида работ, которое вычисляется по формуле (3.11):

$$\bar{Y}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} Y_{ij}, \quad (3.11)$$

Для нахождения коэффициентов a_1, a_2, a_3, a_k используется матричная форма (3.12):

$$Y_j = \begin{bmatrix} Y_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ Y_k \end{bmatrix}, X_j = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & \dots & \dots & X_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ 1 & X_{k1} & \dots & \dots & X_{kn} \end{bmatrix}, A_j = \begin{bmatrix} a_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ a_k \end{bmatrix}, \varepsilon_j = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ \varepsilon_k \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

Для использования (3.1) необходимо знать дисперсию и среднеквадратичное отклонение, которые рассчитываются по формулам (3.9) и (3.10).

В каждом потенциальном организационном решении необходимо рассчитать продолжительность выполнения работ со случайными значениями трудоемко-

сти, это даст возможность спрогнозировать вероятность выполнения работ в заданные сроки и позволит выбрать наилучшее организационное решение. То есть на основе результатов уравнения (3.2) необходимо смоделировать случайные значения трудоемкости работы и произвести итерации в количестве N_r раз (где N_r – число итераций модели, $N_r \geq 100$) для каждой работы в каждом организационном решении.

Для аппроксимации значений трудоемкости работы с помощью регрессии определены факторы, которые на нее влияют. Уровень значимости данных факторов в каждом конкретном случае может отличаться, но при увеличении объема выборки значений трудоемкостей по каждому отдельному виду работ, их распределение будет стремиться к нормальному, так как изначально трудоемкость является величиной, подверженной влиянию значительного количества случайных факторов, результат влияний которых при увеличении числа наблюдений будет сводиться к нормальному.

Применение линейной регрессии возможно при соблюдении некоторых условий, которыми являются линейная связь, независимость наблюдений, нормальное распределение остатков, отсутствие коллинеарности признаков и т.д. Данные условия имеют свои особенности, в зависимости от ситуации частью из них можно пренебречь.

Для моделирования случайных значений соответствующих трудоёмкостей \hat{Y}_{ij} необходимо сформировать ряд случайных чисел r_m , распределенных по равномерному закону распределения, и перевести их в диапазон нормального распределения с математическим ожиданием трудоёмкости \hat{Y}_{ij} .

$$V = \sum r_m, \quad (3.13)$$

где значения r_m получаются на основе использования генератора случайных чисел (ГСЧ). Общее количество случайно распределенных чисел – m .

Для нормализации ряда используется формула

$$z = \frac{(V - m_v)}{\sigma_v}, \quad (3.14)$$

где m_v – математическое ожидание ряда (3.13);

σ_v – среднее квадратичное отклонение ряда (3.13).

Для получения нового смоделированного значения трудоемкости $Z_{ij}^{(r)}$ с математическим ожиданием \hat{Y}_{ij} используется формула:

$$Z_{ij}^{(r)} = z^{(r)} * \sigma(Y_j) + \hat{Y}_{ij}, \quad (3.15)$$

где r – номер итерации моделирования;

После чего рассчитывается продолжительность работы со сгенерированным значением трудоемкости:

$$t_{ij}^{(r)} = \frac{v_{ij} * Z_{ij}^{(r)}}{Q_{ij}} \quad (3.16)$$

Для оценки продолжительности выполнения работ каждого организационного решения необходимо формулы (3.12) – (3.16) повторить N_r раз при фиксированных значениях i и j .

В результате продолжительность каждой работы в каждом организационном решении будет спрогнозирована N_r раз. Для оценки общей продолжительности выполнения ремонтно-строительных работ в рамках проекта при формировании организационных решений необходимо определить количество работ критического пути, исходя из которого возможно рассчитать вероятность выполнения работ в заданные сроки.

Обучение модели происходит посредством выборки, формируемой в результате сбора статистических данных о реальных трудоёмкостях по каждому виду работ. Для обучения алгоритма необходимо иметь наборы статистических данных.

Если число реальных значений трудоемкости Y_i (по отдельному виду работ j) в обучающей выборке оказывается меньше числа регрессионных параметров, то есть $m < n$, то линейная зависимость не имеет однозначного решения. Решение подобной проблемы можно достичь путем сокращения параметров (признаков) или увеличением данных для обучения. В общем случае при k –регрессионных параметрах для обеспечения статистической значимости рекомендуемое количество наблюдений n :

$$n \geq 10 \times k \quad (3.17)$$

Однако в отдельных случаях, особенно при небольшом числе переменных и высокой степени зависимости между признаками и прогнозируемыми значениями, этим требованием можно частично пренебречь. При этом необходимо учитывать возможное снижение статистической устойчивости модели.

Для обучения модели применяется метод обучения по прецедентам. В основу данного метода положено использование выборки (совокупности данных), полученной от объекта исследования. Как правило, выборка делится на две группы: обучающая и тестовая. Первая предназначена для выявления значений признаков и оценки точности работы модели, вторая служит для тестирования обученной модели и проверки достоверности ее работы. Также с ее помощью можно сделать вывод о том, переобучена модель или нет.

В основу самообучения модели положен принцип накопления данных в системе о значениях трудоемкостей каждого вида работ. То есть, после того как работа выполнена, ее реальное значение трудоемкости заносится в информационную базу, и происходит перерасчет значений параметров регрессионного уравнения (3.2), которое соответствует конкретному виду работ. Самообучение возможно реализовать двумя способами.

При использовании первого способа необходимо для каждого вида работ хранить в базе данных следующую информацию: число учитываемых факторов/параметров (определяются для каждого вида работ методом экспертных оценок) для работы и фактические значения трудоемкости этой работы, которые были получены в реальности. Для каждого вида работ может быть представлено k фактических значений трудоемкостей (i изменяется от 1 до k). При внесении нового фактического значения трудоемкости i для j -ой работы происходит перерасчет значений параметров для данного вида работ. То есть при каждом новом фактическом значении трудоёмкости корректируется регрессионное уравнение.

При использовании второго способа перерасчет коэффициентов производится не после каждого нового фактического значения трудоемкости для конкретной работы, а после определенного числа новых значений для данной работы.

Применение того или иного способа будет зависеть от конкретной ситуации применения модели.

Для повышения качества модели важное значение имеет тестирование, которое производится при добавлении или удалении одного из признаков – по разнице результатов можно объяснить изменчивость модели.

В процессе реализации модели может обнаружиться, что связь нелинейная. Как правило, такая ситуация может возникнуть из-за неучтённых переменных, или же связь в действительности может являться нелинейной. В случае с неучтённой переменной можно попытаться включить ее по результатам анализа остатков. Если же связь в действительности нелинейная, то можно построить нелинейную модель, если известна точная зависимость, использовать линеаризирующее преобразование, обратиться к обобщенным линейным моделям.

Оценка продолжительности выполнения отдельных видов работ рассчитывается на основании формулы (3.1). Поскольку величина трудоемкости в данном случае является случайной, то продолжительность также является случайной величиной.

Как известно, наибольшую продолжительность имеет критический путь календарного графика, так как суммарная продолжительность работ на этом пути является наибольшей.

После того как вычислены значения продолжительности критического пути в различных организационных решениях, выбирается то решение, продолжительность выполнения которого большее число раз уложилось в директивные сроки. С учетом данного числа раз производится оценка ОТН, на основании которой делается вывод об уровне надежности самого решения.

3.3. Алгоритм реализации модели оценки вероятности выполнения ремонтно-строительных работ в заданные сроки

Обобщённым представлением содержимого, описанного в пунктах 3.1. – 3.4, является алгоритм реализации модели оценки вероятности выполнения ремонтно-строительных работ в заданные сроки, представленный на рисунке 3.15.

На начальном этапе определяется перечень работ (j, \dots, n) на основании проведения различного рода обследований, осмотров и выявленных при этом дефектов. Далее для каждой работы j производится расчет коэффициентов с учетом собранных статистических данных о трудоемкости и значений факторов X_1, \dots, X_n , хранимых в базе по каждому виду работ. После того как коэффициенты рассчитаны, задаются новые значения X_1, \dots, X_n для прогнозирования трудоемкости \hat{Y}_{ij} на основе регрессии, и так происходит по каждому виду работ j .

С опорой на полученные значения трудоемкостей формируются различные организационные решения, реализация которых планируется в определенные сроки. Далее необходимо установить, какое из решений является наилучшим, то есть с наибольшей вероятностью позволяет уложиться в заданные сроки выполнение работ. Для этого после формирования организационных решений и расчета критического пути T_{wk} нужно на основе центральной предельной теоремы сгенерировать значения трудоемкости \hat{Y}_{ij} в количестве N_r раз. Для этого с использованием генератора случайных чисел создается перечень равномерно распределённых случайных чисел m . После чего они суммируются, производится нормализация ряда z и расчет нового значения $Z_{ij}^{(r)}$ на основе показателя дисперсии $D(Y_j)$ для j -ой работы, который хранится в базе и рассчитывается по каждому виду работ с учетом реальных значений трудоемкостей, соответствующих j -ой работе. Затем происходит перерасчёт критического пути T_{wk} (k -ой итерации w -го организационного решения). После проведения подобных итераций в количестве N_r раз выбирается то решение, которое наибольшее число раз уложилось в сроки. На завершающем этапе производится расчет уровня ОТН.

Когда работы уже будут произведены на объекте, реальный показатель трудоемкости Y_{ij} и новые реальные значения X_1, \dots, X_n заносятся в базу данных, и пересчитывается значение дисперсии $D(Y_j)$.

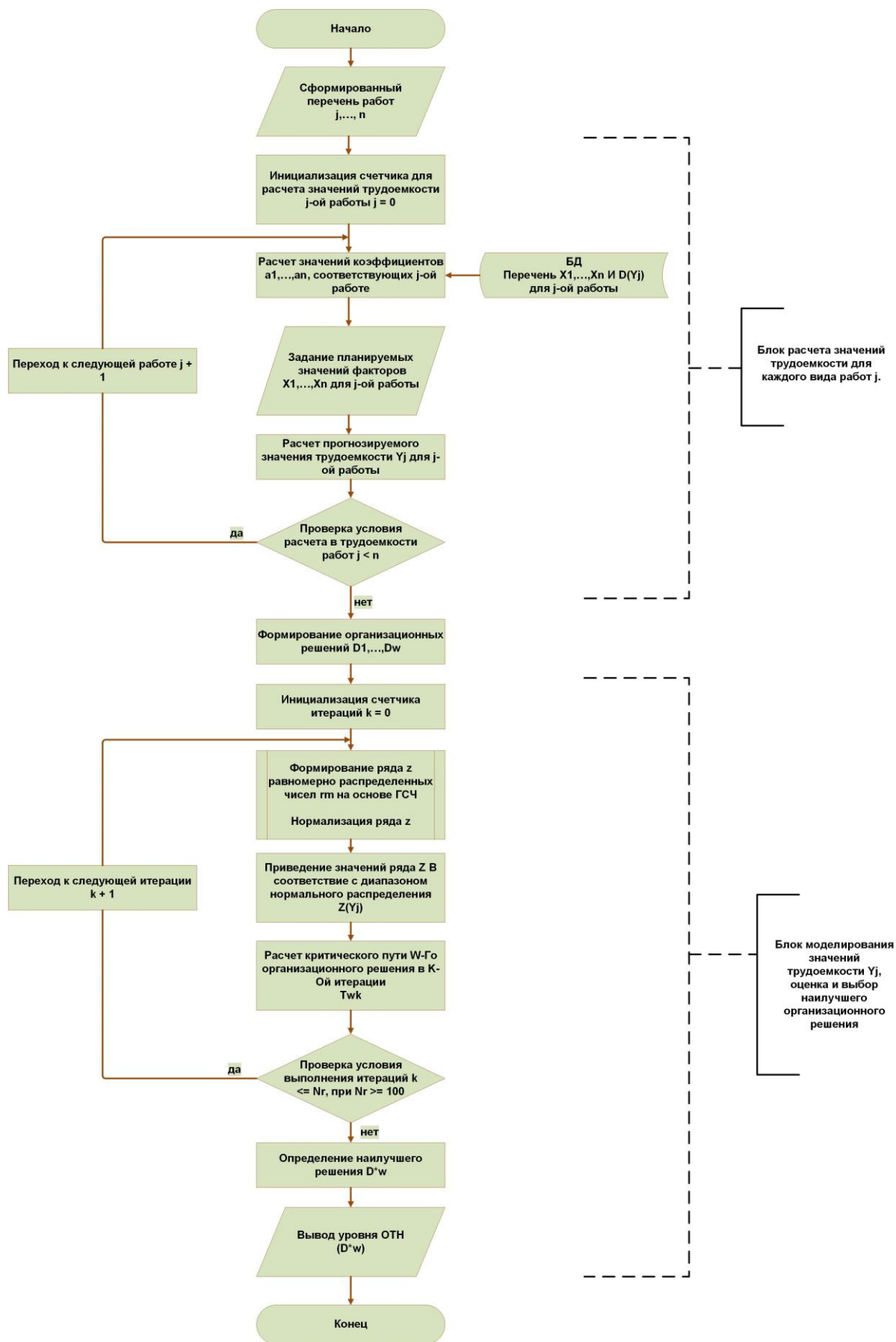


Рисунок 3.15. Алгоритм реализации математической модели оценки вероятности выполнения РСР в заданные сроки

Разработанная математическая модель прогнозирования и оценки вероятности выполнения ремонтно-строительных работ в заданные сроки, в основу которой положены элементы анализа больших данных, является базой для построения проблемно-ориентированных систем на цифровой интеллектуальной поддержке принятия эффективных решений, в том числе в условиях неопределенности и риска.

Как правило, существующие модели прогнозирования реализации работ не учитывают разнородность факторов, влияющих на их реализацию. Предложенная модель разработана таким образом, чтобы обеспечивать следующее:

- возможность оценки продолжительности выполнения работы в условиях неопределённости и наличия рисков;
- учет неструктурированных и разнородных факторов;
- возможность самообучения в процессе накопления опыта при реализации ремонтно-строительных проектов;
- удобство интеграции в единую систему цифровой поддержки принятия решений.

Создание подобной модели прогнозирования и оценки выполнения работ решает ряд практических задач для более эффективного управления объектами недвижимости. В рамках проведённого исследования были выявлены следующие преимущества предложенной модели:

1. Интеграция в IT-структуру.

Накапливаемые данные могут быть использованы в рамках единой информационной базы, что упрощает их последующий анализ и применение.

2. Повышение качества принятия решений.

Учет разнородных факторов (опыт бригады, квалификация рабочих, уровень стесненности и т.д.) позволяет более точно оценить условия выполнения работ и принять наиболее рациональное решение по их реализации.

3. Снижение издержек.

Использование статистических данных по ранее реализованным работам снижает вероятность возникновения непредвиденных расходов.

4. Снижение рисков нарушения сроков.

По мере накопления данных появляется возможность более точно прогнозировать продолжительность выполнения работ.

5. Адаптация решений к условиям проектов.

Разработанная модель позволяет корректировать организационные решения с учетом особенностей выполнения работ конкретной ремонтно-строительной организацией.

Использование алгоритма реализации модели оценки вероятности выполнения работ в заданные сроки в управлении жизненным циклом объектов недвижимости представлено на рисунке 3.16.



Рисунок 3.16. Использование алгоритма реализации модели оценки вероятности выполнения работ в заданные сроки в управлении жизненным циклом объектов недвижимости

Таким образом, разработанная модель оценки вероятности выполнения работ в заданные сроки оказывает влияние на управление жизненным циклом объектов

капитального строительства. Данные в модели постоянно накапливаются, анализируются, повышая эффективность управления объектом и поддержку принятия организационно-технических решений.

3.4. Алгоритм формирования рациональных организационных решений при управлении ремонтно-строительными проектами для обеспечения организационно-технологической надежности

Самым продолжительным этапом жизненного цикла зданий является этап эксплуатации, следовательно, актуальной научной задачей является эффективная организация ремонтно-строительных работ как часть системы управления их жизненным циклом. Особенно это касается общественных зданий, построенных до внедрения технологий информационного моделирования, у которых отсутствуют информационные модели, данные о состоянии их сменяемых и несменяемых элементов не оцифрованы. В основе применяемых методов исследования лежат факторный анализ, регрессионный анализ и технологии больших данных. Результатом исследования является алгоритм организации ремонтно-строительных работ общественных эксплуатируемых зданий для обеспечения организационно-технологической надёжности в течение жизненного цикла. Для практической реализации методики разработан алгоритм формирования рациональных решений при реализации ремонтно-строительных проектов для обеспечения ОТН, позволяющий учитывать влияние неструктурированных факторов при принятии решений в условиях неопределённости и ограниченной доступности ресурсов в течение жизненного цикла зданий. Ключевым этапом работы алгоритма является формирование организационных решений на основе прогнозируемых значений трудоёмкости работ, их оценка и выбор наилучшего решения.

Алгоритм представлен на рисунке 3.17.

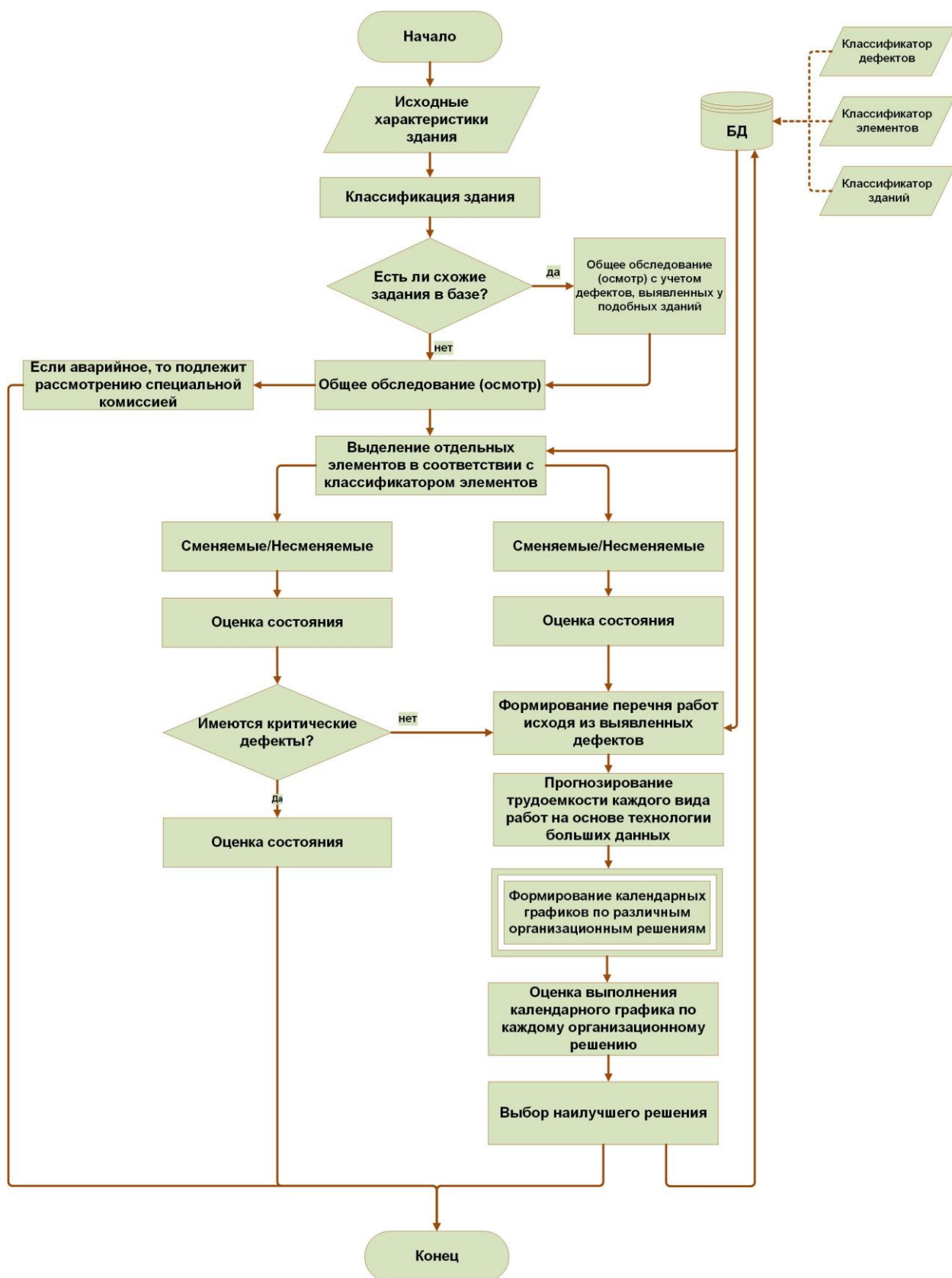


Рисунок 3.17. Алгоритм формирования рациональных организационных решений при управлении ремонтно-строительными проектами

В самом начале подробно изучается здание, в котором планируется реализация ремонтно-строительного проекта, ставятся цели его реализации, изучается технический паспорт объекта, выявляются даты проведения последних ремонтных работ, а также даты предстоящих ремонтов, просматриваются отчеты последних плановых и внеплановых осмотров и обследований. Далее производится классификация объекта по ряду признаков, проверяется наличие подобных зданий в базе и характер уже реализованных организационно-технологических решений. Следующим этапом производится процедура осмотра/обследования здания, выявление и изучение новых и выявленных ранее дефектов элементов здания. На основании этого формируются работы, которые необходимо выполнить, исходя из ограниченных ресурсов ремонтно-строительной организации. Сформированные работы являются базой для построения организационных решений, представляющих наборы календарных графиков. Для прогнозирования трудоемкостей ремонтно-строительных работ в условиях неопределённости и наличия рисков используется механизм анализа больших данных, по результатам применения которого производится оценка уровня ОТН.

Предлагаемый алгоритм формирования и оценки организационно-технологических решений с применением анализа больших данных предназначен для встраивания в единую систему поддержки принятия решений на всех этапах жизненного цикла объектов.

При классическом подходе, как правило, для формирования организационно-технологических решений не используются статистические, вероятностные данные, получаемые в процессе и результате реализации ремонтно-строительных проектов. Предлагаемый алгоритм призван обеспечить следующее:

- учет статистики реализации ремонтно-строительных проектов на прошлых объектах;
- возможность получения организационно-технологических решений на схожих объектах и значений факторов, которые ключевым образом повлияли на их реализацию;

- интеграцию с классификаторами элементов зданий, дефектов и базами накопленных данных;
- учет неструктурированных факторов, с возможностью дополнения и адаптации к реальным ситуациям на объектах.

Разработанный алгоритм формирования рациональных организационно-технологических решений решает ряд практических задач, связанных с управлением ремонтно-строительными проектами:

1. Включение в IT-структуру: интеграция с классификаторами, постоянное пополнение и анализ данных предполагают интеграцию в единую систему управления жизненным циклом объектов.

2. Повышение эффективности решений: алгоритм учитывает факторы неопределенности, которые имеют не точные значения, а вероятностные, что позволяет увеличивать качественные параметры при формировании решений, критерием которых является уровень ОТН.

3. Снижение издержек: за счет вероятностной оценки решений в рамках реализации РСР возможно выявлять потенциальные риски на ранних этапах еще до момента реализации проекта.

4. Минимизация рисков: высокая точность прогнозов реализации ремонтно-строительных проектов позволяет наиболее эффективно использовать материальные ресурсы и снижать вероятность наступления рисков по мере накопления данных.

5. Поддержка принятия решений в условиях неопределенности: алгоритм производит перерасчет значений продолжительности работ по мере изменения и накопления разнородных недостаточно структурированных данных, что повышает возможность его применения к реальным условиям и ситуациям на эксплуатируемых объектах.

Алгоритм позволяет формировать работы, рассчитывать продолжительность их выполнения на основе вероятностных оценок, обеспечивать ОТН при управле-

нии проектом. По мере изменения и накопления разнородных недостаточно структурированных данных повышаются его возможности адаптации к реальным условиям и ситуациям во времени на объектах недвижимости.

Возможное применение алгоритма формирования рациональных организационных решений при управлении ремонтно-строительными проектами с целью обеспечения ОТН показано рисунке 3.18.



Рисунок 3.18. Возможное применение алгоритма формирования рациональных организационных решений для управления жизненным циклом объектов недвижимости

Предложенный алгоритм формирования рациональных решений оказывает значительное влияние на управление жизненным циклом объектов, начиная со стадии проектирования и заканчивая завершением работы с объектом. На каждой стадии информация накапливается, анализируется, обрабатывается и используется для поддержки принятия организационно-технических решений на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства.

Выводы по главе 3.

1. Разработана система взаимосвязанных классификаторов, которая позволит собирать информацию о дефектах здания с привязкой к конкретному элементу здания, хранить информацию о возможных способах устранения того или иного дефекта, а также пополнять данные о результатах выполнения работ, что в дальнейшем даст возможность повысить эффективность управления ремонтно-строительным проектом и, как следствие, поспособствует выходу управления жизненным циклом объекта на более высокий уровень.
2. Создан алгоритм формирования и выбора рациональных организационных решений при управлении ремонтно-строительными проектами для обеспечения ОТН. Важной особенностью алгоритма является оценка трудоемкости выполнения работ с использованием технологии анализа больших данных.
3. Разработана математическая модель прогнозирования трудоемкости по имеющимся показателям. В основу модели положена множественная регрессия как инструмент анализа больших данных. С помощью экспертного опроса показана обоснованность ее применения. В зависимости от вида работ количество параметров, определяемых по результатам экспертных оценок, может варьироваться. Важной особенностью модели является принцип самообучения, базирующийся на пересчете коэффициентов регрессионных параметров в зависимости от добавления и изменения данных.
4. Разработана общая методика организации ремонтно-строительных проектов и оценки их организационно-технологической надежности. Методика состоит из пяти этапов, каждый из которых решает определенный набор задач. Результатом методики является выбор наилучшего организационного решения и оценка показателя организационно-технологической надежности. Таким образом, методика способствует повышению эффективности управления проектом, а, следовательно, и объектом недвижимости в целом на протяжении его жизненного цикла.

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

4.1. Разработка программного комплекса для методики организации ремонтно-строительных проектов на основе технологии анализа больших данных

Информационная система по обеспечению организационно-технологической надёжности различного рода работ призвана упростить процесс управления РСП общественных зданий.

Методика обеспечения ОТН ремонтно-строительных работ на основе технологии анализа больших данных с помощью информационной базы должна выполнять следующие задачи:

- сбор данных о различных выявленных дефектах общественных зданий;
- сбор данных об объекте, подлежащем ремонтно-строительным работам;
- обработка данных;
- формирование списка дефектов по каждому элементу;
- предложение перечня рекомендаций в виде работ по устранению различных дефектов;
- расчет оценки качества и продолжительности выполнения работ в рамках ремонтно-строительного проекта.

Информационное обеспечение предполагает использование базы данных, которая представляет собой реестры дефектов, выявленных при проведении различных видов осмотров и обследований общественных зданий.

Для построения базы данных необходимо определить ее цели и задачи. В рамках диссертационного исследования база данных используется для сбора, хранения и анализа данных об объекте, конструктивных элементах общественных зданий, выявленных дефектах и рекомендуемом перечне работ.

В основу формирования базы данных положено создание концептуальной модели, которая показывает наборы основных сущностей и отношения между ними, которые определяют смысловую нагрузку. Концептуальная модель базы данных представлена на рисунке 4.1.

В основу описания концептуальной модели был положен принцип «сущность-связь». Каждая сущность может быть связана с другой посредством различных видов отношений: «один к одному», «многие ко многим», «один ко многим».

База данных является основой для разработки программного комплекса. Принятие и реализация эффективных решений зависят от информационного сопровождения. В рамках диссертационного исследования был разработан прототип программного комплекса по реализации методики организации ремонтно-строительных проектов для обеспечения ОТН в целях эффективной реализации ремонтно-строительных работ.

На данное программное обеспечение получено Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2025689179. «Программное обеспечение методики организации ремонтно-строительных работ зданий в течение жизненного цикла» // Л.А. Опарина, М.В. Гневанов Правообладатель: Л.А. Опарина, М.В. Гневанов. Оpubл. 27.10.2025 г.

Разработанный прототип программного комплекса является основой для выработки наилучших организационных решений, а также средством централизованного хранения и обработки информации внутри ремонтно-строительной организации.

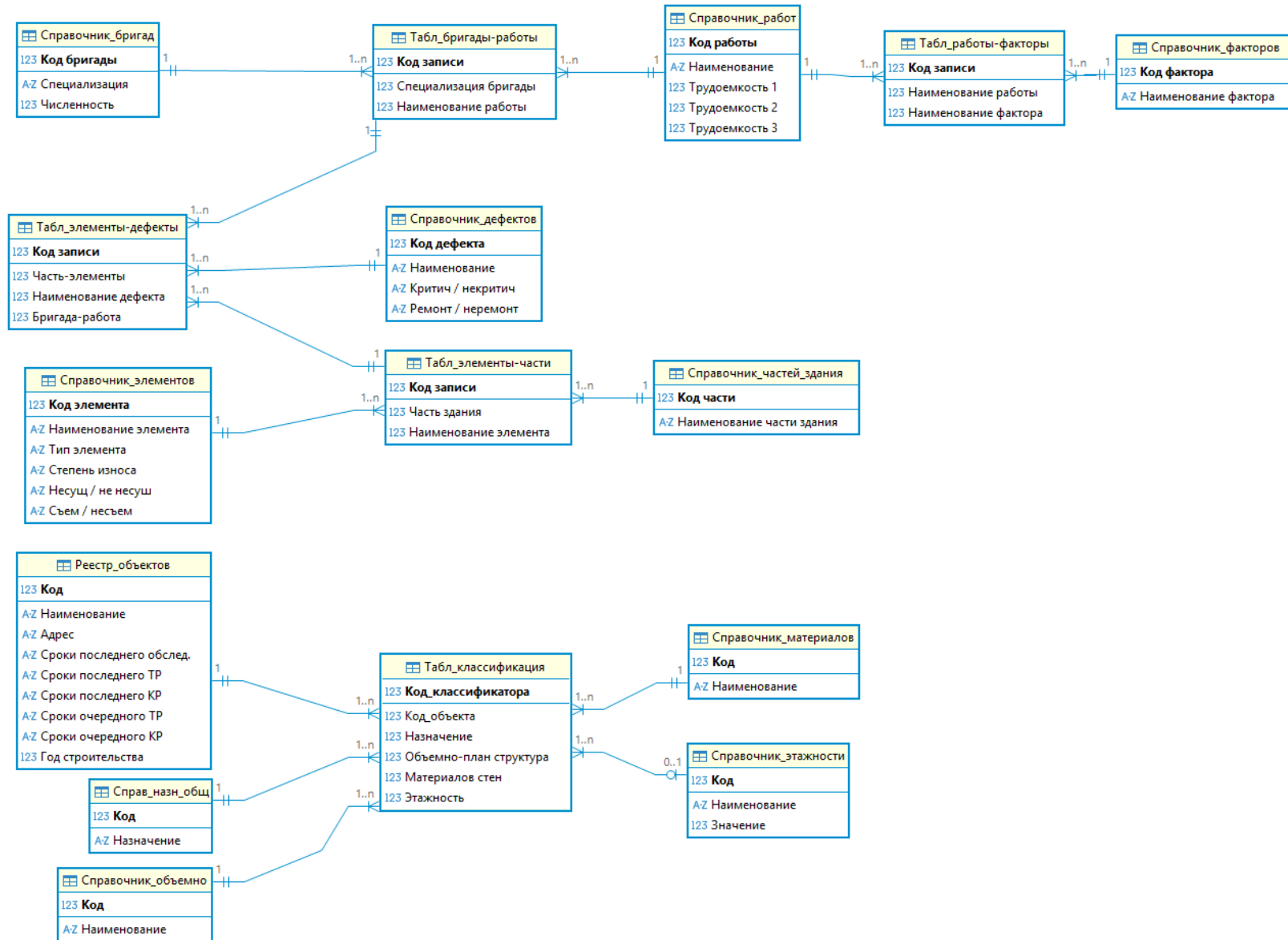


Рисунок 4.1. Схема базы данных

В рамках диссертационного исследования база данных является компонентом для хранения различного рода информации и в особенности актуальным источником информации по собранным статистическим данным, положенным в основу анализа больших данных.

Далее представлен принцип работы программного комплекса с описанием элементов пользовательского интерфейса.

Создание нового пользователя.

Перед началом работы в программном комплексе необходима авторизация пользователя, которая включает «электронный адрес» и «пароль». У разных пользователей могут быть разные права по работе с программным комплексом. Это зависит от уровня компетенции пользователя и задач, которые необходимо решить.

Сбор данных об общественном здании.

Сбор данных осуществляется с помощью внесения информации об общественном здании в окне «Новое здание», представленном на рисунке 4.2.

Для конкретного общественного здания предлагается внести следующую информацию:

- наименование объекта;
- год строительства;
- адрес объекта;
- сроки последнего обследования;
- загрузить имеющаяся документация о здании, загруженная в базу в виде файлов;
- сроки проведения последнего текущего ремонта;
- сроки проведения последнего капитального ремонта;
- сроки проведения очередного текущего ремонта;
- сроки проведения очередного капитального ремонта.

The screenshot shows a software window titled "aec_calculator" with a sidebar menu on the left. The sidebar includes options like "Выбор элементов", "Классификатор дефектов", "Перечень работ", "Показатели работ", "Калькулятор времени", "Классификатор здания", and "Инфо о здании". The main content area is titled "Заполните общую информацию о здании" and contains a form with the following fields: "Наименование объекта", "Сроки последнего ТР", "Год строительства", "Сроки последнего КР", "Адрес объекта", "Сроки очередного ТР", "Сроки последнего обследования", and "Сроки очередного КР". There are "Добавить" and "Сохранить" buttons at the bottom of the form.

Рисунок 4.2. Окно «Новое здание»

С помощью кнопки «Сохранить» информация о новом здании добавляется в информационную базу данных.

Классификатор здания.

Информация о типе здания/детальная информация о здании вводится в окне «Классификатор здания», представленном на рисунке 4.3.

Классификатор здания заполняется исходя из предложенных параметров выпадающего списка. После того как информация о здании внесена, происходит формирование уникального кода здания и внесение его в реестр классификации зданий, где каждый код соответствует определенному объекту, хранящемуся в базе данных. Программный комплекс позволяет дополнять параметры классификации объекта, тем самым увеличивая количество символов в коде. Помимо этого, возможно создавать фильтр по отдельным значениям ячеек кода, что позволяет сравнивать объекты по выборочным параметрам и получать сводную информацию по таким объектам.

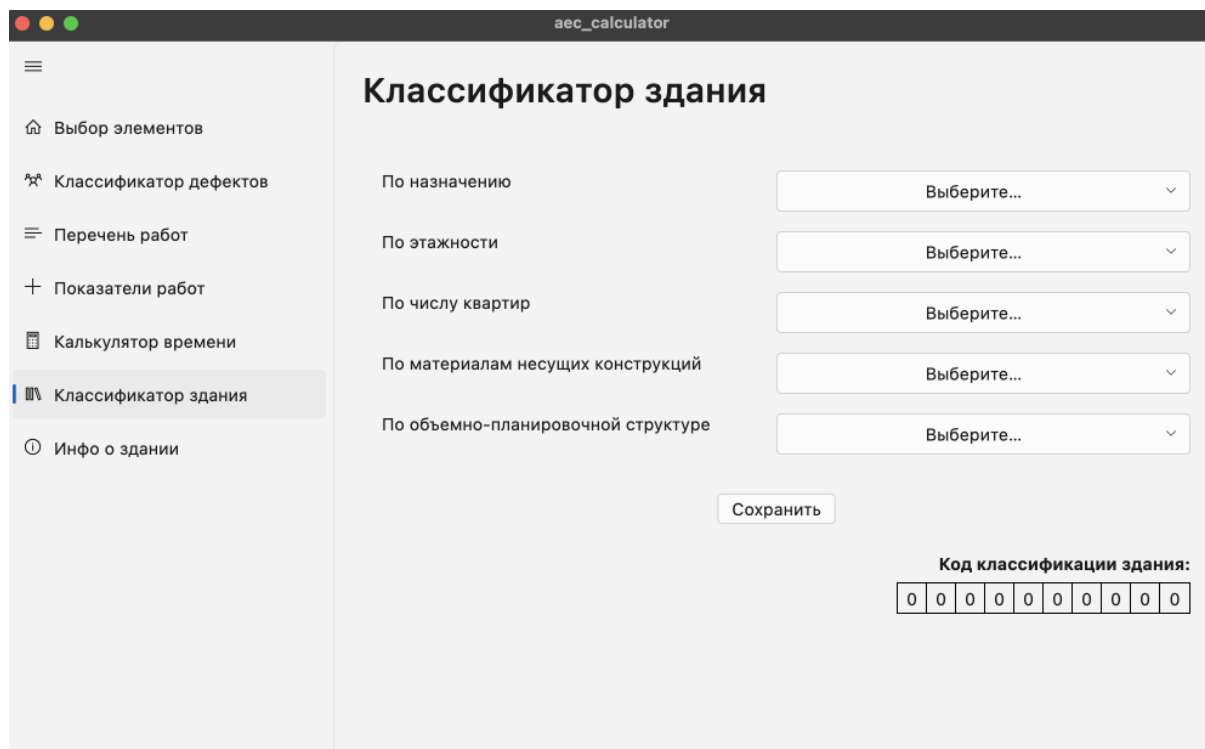


Рисунок 4.3. Окно «Классификатор здания»

Данный классификатор может быть дополнен «новыми полями». Это зависит от прав пользователя, работающего с программным комплексом.

Классификатор элементов.

Сбор информации об элементах здания осуществляется с помощью внесения информации в окне «Классификатор элементов», представленном на рисунке 4.4.

Перед началом внесения данных необходимо определить часть здания с помощью нажатия на соответствующую кнопку «несущие элементы», «ограждающие элементы», «кровельные элементы» и элемент, который относится соответствующей категории. Выбранные элементы при нажатии на кнопку «добавить элемент» автоматически отображаются в поле. При необходимости поля соответствующего классификатора могут быть дополнены в зависимости от условий использования программного комплекта. В соответствии с уникальным кодом объекта будет показываться информация о его элементах в цифровом виде.

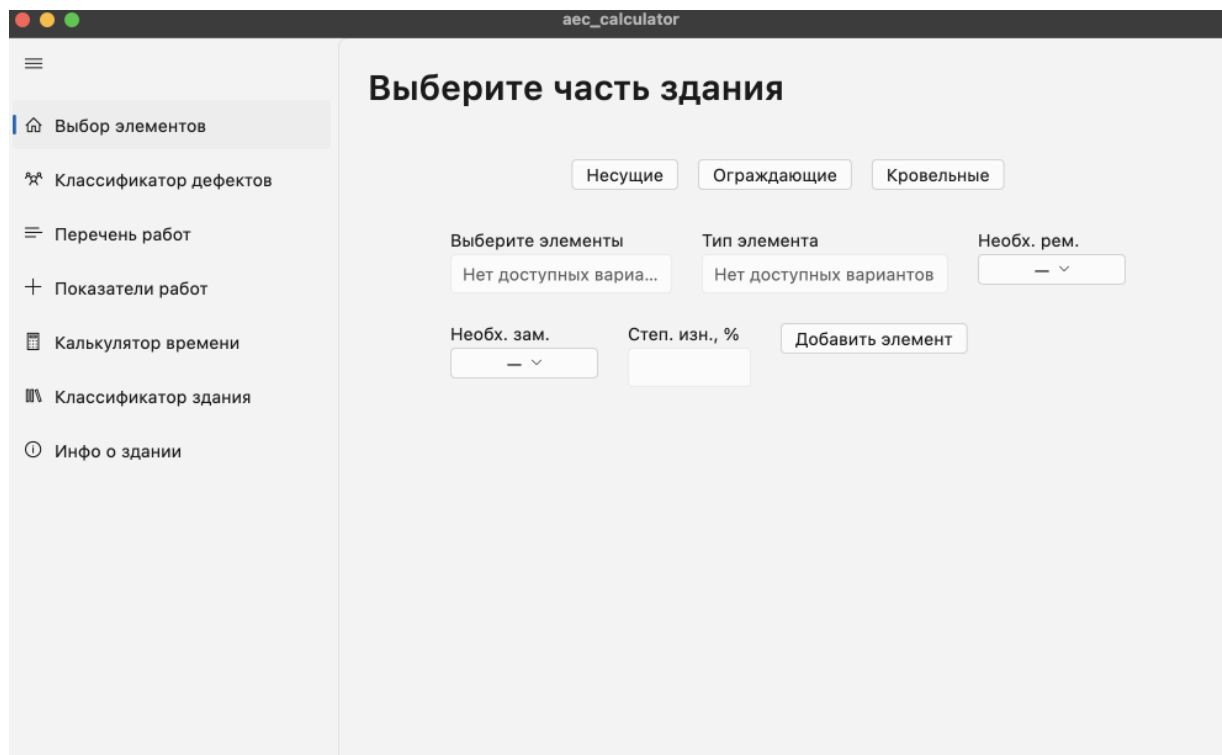


Рисунок 4.4. Окно «Классификатор элементов»

Классификатор дефектов.

Сбор информации об элементах здания осуществляется с помощью внесения информации в окне «Классификатор дефектов», представленном на рисунке 4.5.

В окне «Список элементов» отображаются внесенные в базу элементы с их типами, которые относятся к конкретному зданию. Далее необходимо выбрать элемент и прописать для него выявленные дефекты, которые также могут выбираться из справочника.

Справочник дефектов является отдельным модулем программного комплекса, который заполняется определенными лицами, имеющими соответствующие права доступа. Параметры дефекта могут быть дополнены при необходимости, в зависимости от условий применения классификаторов.

Использование справочника дефектов позволяет накапливать статистические данные о видах дефектов для дальнейшей привязки к перечню работ.

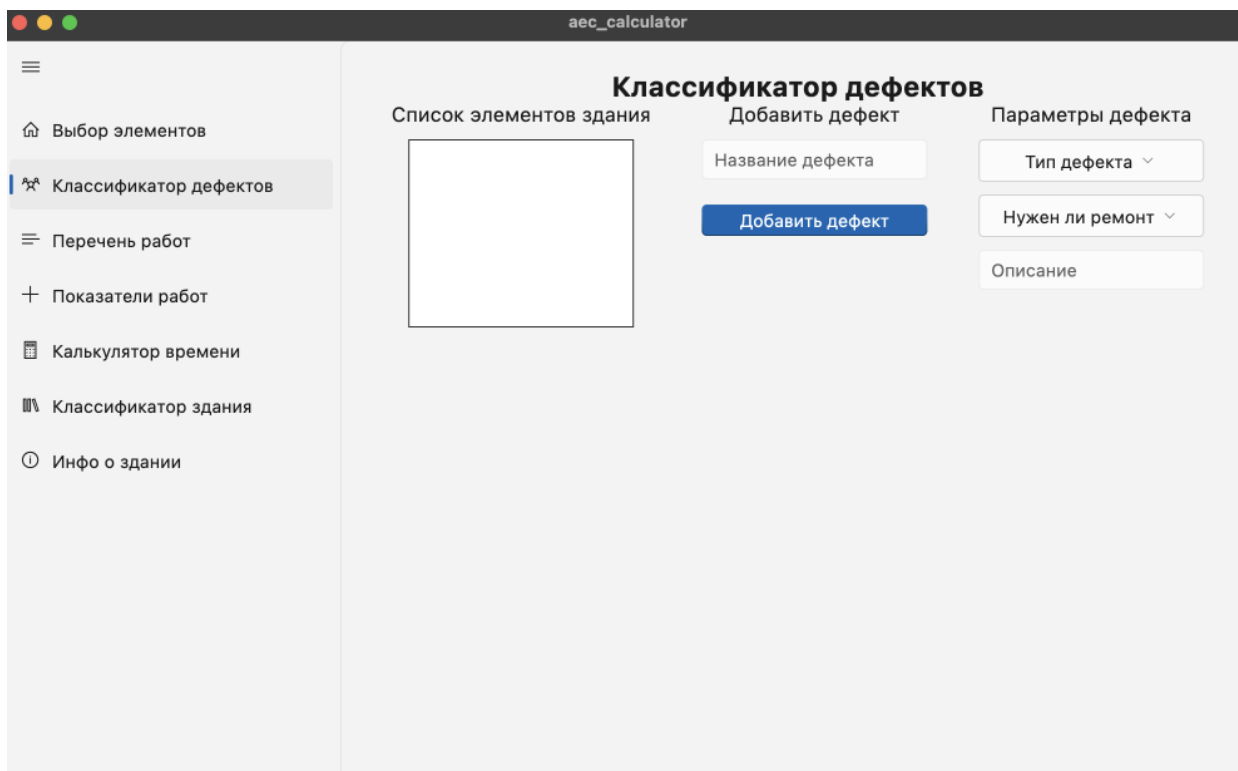


Рисунок 4.5. Окно «Классификатор дефектов»

После нажатия на кнопку «Продолжить» необходимо заполнить перечень работ в окне на рисунке 4.6. В поле «Список дефектов» отображаются дефекты, которые относятся к конкретному элементу здания. Наименование работ выбирается из справочника или прописывается отдельно (если такая работа отсутствует в справочнике).

Перечень работ, так же как и справочник дефектов, представляет собой отдельный модуль программного комплекса. Данный модуль содержит информацию по всем внесенным работам с привязкой к конкретному виду дефекта. Если вид работы используется при устранении нескольких дефектов, то у него появляются определенные цифровые значения. У каждой работы могут быть свои особенности, которые вносятся специалистами при отдельном согласовании.

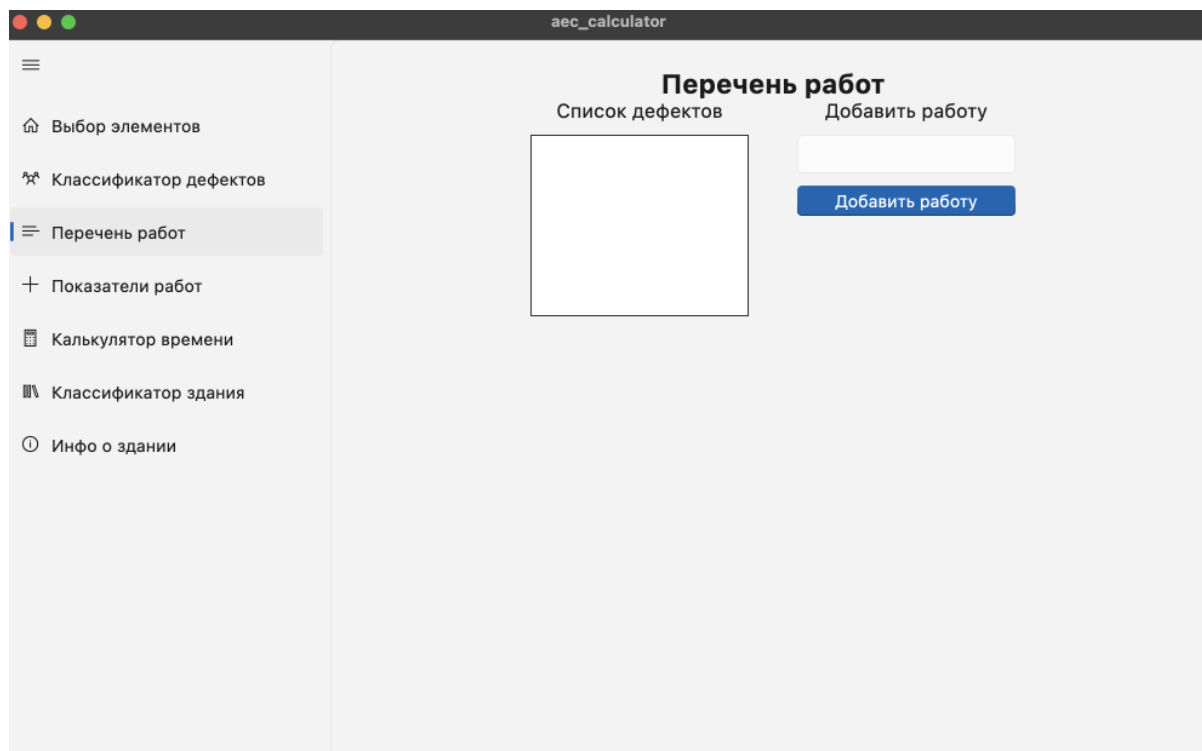


Рисунок 4.6. Окно «Перечень работ»

Для каждой работы необходимо заполнить показатели (рис. 4.7). Сначала выбирается работа в поле «Выберите работу», далее выбираются факторы, влияющие на трудоемкость выполнения конкретной работы. В поле «Прогноз» автоматически отобразится трудоемкость.

После того как создан список необходимых работ, происходит формирование организационных решений. Факторы могут быть дополнены через справочник. По каждой работе ведется статистика значений факторов и реальных трудоемкостей. При клике на работу в окне заполняются значения каждого поля соответствующего фактора. Данные о значениях факторов хранятся в отдельном файле базы данных, который подгружается в программу при ее использовании. Если какой-либо из факторов не используется, то в нем проставляются нулевые значения. При необходимости перечень факторов может быть дополнен.

Рисунок 4.7. Окно заполнения значений факторов работы

Расчет показателей трудоёмкости работы с применением Центральной предельной теоремы производится в окне «Калькулятор времени работ» (рис. 4.8).

Рисунок 4.8. Окно расчета трудоёмкости и продолжительности работы

По каждой работе вносится объем работы, а также количество человек. После этого рассчитывается эффективность решения в соответствии с методикой, описанной в Главе 3, и производится оценка ОТН. Разработанная методика позволяет определить наиболее эффективное решение и произвести его оценку.

При использовании в конкретной ситуации содержимое экранных окон может отличаться, так как в зависимости от прав пользователя предоставляются различные опции по использованию программы.

Таким образом, в разработанной информационной базе предусмотрен функционал определения наиболее эффективного решения и оценка его ОТН. С помощью метода экспертных оценок определяются факторы, влияющие на трудоемкость конкретных видов работ. Информация, представленная в программном комплексе, помогает найти наиболее рациональное решение организации РСР.

4.2. Результаты внедрения разработанной методики в работу ремонтно-строительной компании

Апробация разработанной методики была проведена в ремонтно-строительной компании ООО «Альфа Строй» при анализе и планировании организационно-технологических решений по реализации ремонтно-строительных проектов (Приложение Г). Первоначально методика была проверена при ретроспективном анализе реализованных решений, включая фасадные работы, выполненные в Министерстве регионального развития в Москве. На следующем этапе методика применялась при подготовке проекта капитального ремонта части фасада бизнес-центра «Павловский» (г. Москва, ул. Павловская, д. 7).

Этап 1. Ретроспективный анализ.

Для верификации методики был проведён анализ организационного решения по фасадным работам в Министерстве регионального развития. В качестве исходной информации использовались наряды на работы, формы КС-2 и КС-3, журналы учёта труда, результаты контрольных замеров, а также экспертные опросы бригадиров по факторам, влияющим на трудоемкость выполнения работ.

Общий объём ремонтируемых фасадных конструкций составил около 150 м². На основе данных была выполнена калькуляция трудозатрат (таб. 4.1) и составлен линейный график (рис. 4.9).

Расчёт показал критический путь продолжительностью 32 дня.

Таблица 4.1

Калькуляция трудозатрат

| Код работы | Наименование работы | Объём работы, м ² | Удельная трудоёмкость, чел.-ч/м ² | Общая трудоёмкость, чел.-ч | Численность бригады, чел. | Продолжительность, дни |
|------------|--|------------------------------|--|----------------------------|---------------------------|------------------------|
| А | Демонтаж существующего фасада | 150 | 0,48 | 72 | 3 | 3 |
| В | Установка каркаса фасадного остекления | 150 | 2.4 | 360 | 3 | 15 |
| С | Установка стеклопакетов | 150 | 2.23 | 334,5 | 3 | 14 |

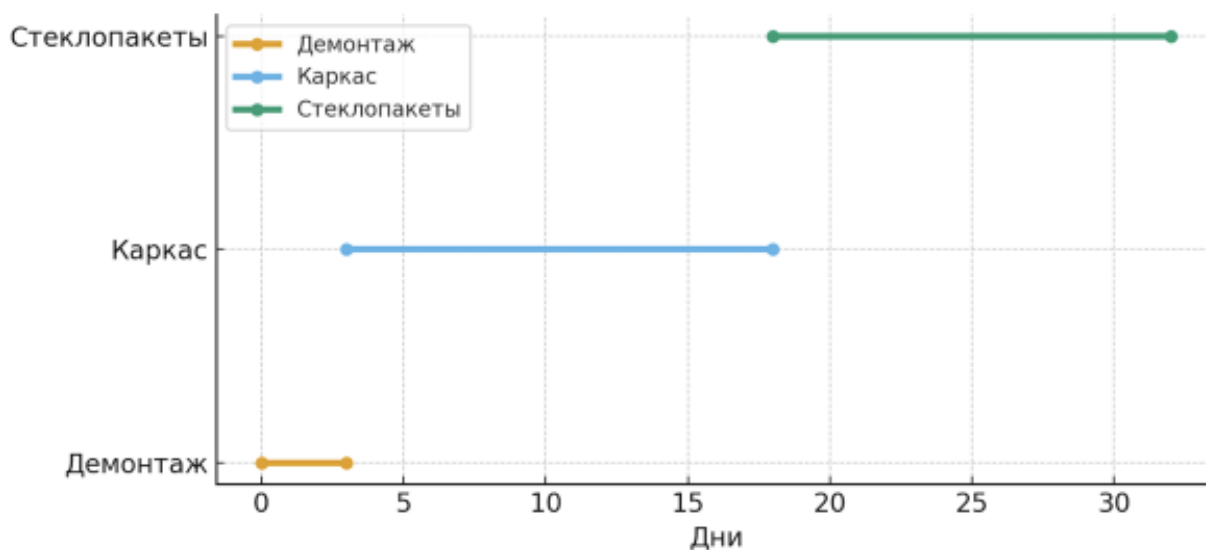


Рисунок 4.9. Линейный график производства работ

В результате моделирования продолжительности (N_r итераций) среднее значение составило около 29 дней, при диапазоне от 26 до 36 дней. Вероятность выполнения работ в заданный срок (32 дня) превысила 89%, что соответствует высо-

кому уровню организационно-технологической надёжности. Таким образом, методика при ретроспективном анализе подтвердила возможность выполнения проекта в плановые сроки при использовании имеющихся ресурсов организации.

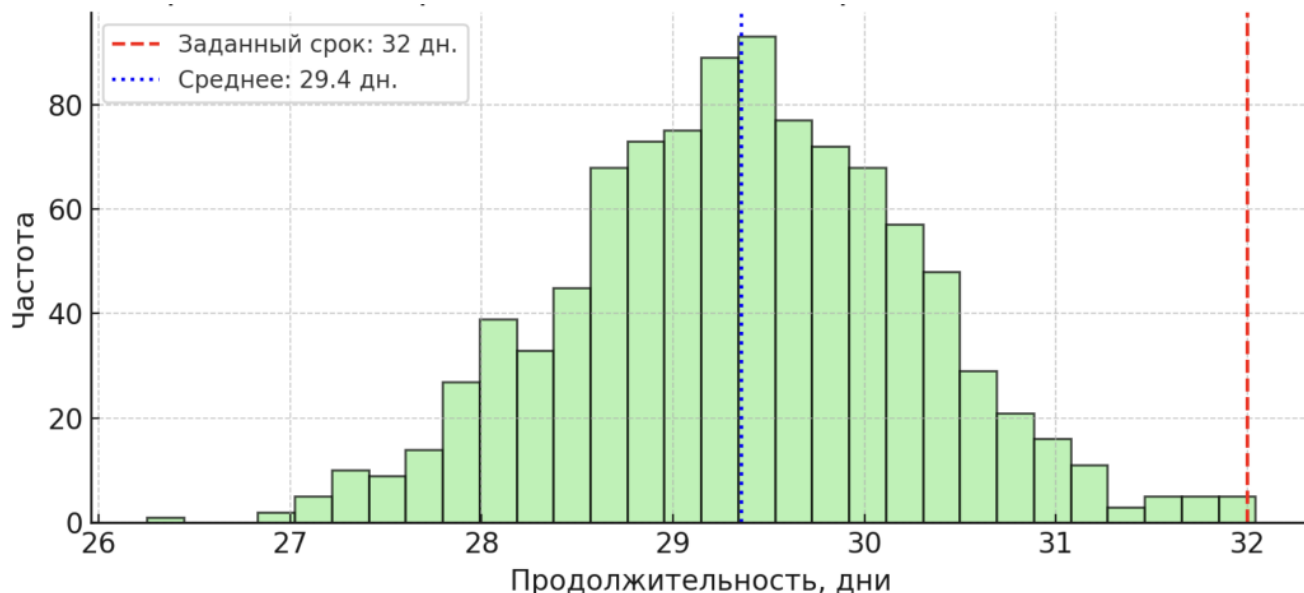


Рисунок 4.10. Распределение продолжительности работ

Этап 2. Применение методики для планирования нового проекта.

Методика была применена для организации ремонтно-строительных работ фасада бизнес-центра «Павловский». Работа включала следующие шаги:

1. Анализ объёма ремонтно-строительных работ
2. Прогнозирование сроков выполнения работ на основе математической модели оценки продолжительности выполнения работ в заданные сроки
3. Оценка организационно-технологической надёжности (ОТН)

Для выполнения ремонтно-строительных работ фасада здания необходимо было провести демонтаж существующего фасада и установить новый фасад.

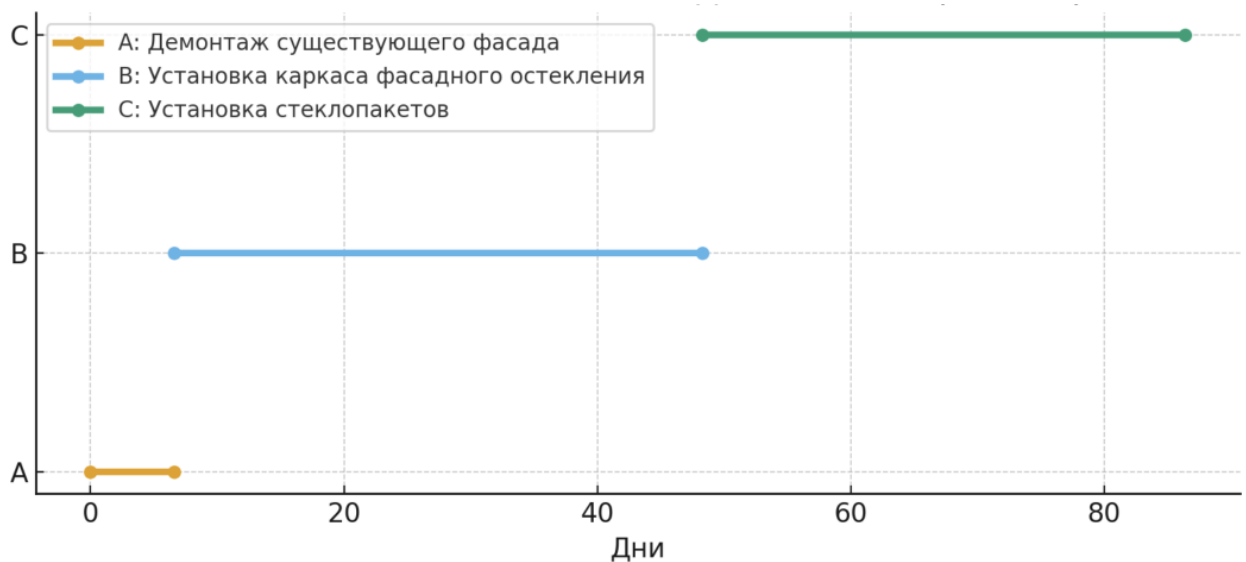


Рисунок 4.11 Линейный график производства работ

Для построения регрессионных уравнений по каждому виду работ использовались данные порядка 30–50 наблюдений, полученных на основе отчётных документов и контрольных замеров. В совокупности база данных содержала более 150 наблюдений, что обеспечило статистическую достоверность моделей.

В качестве зависимой переменной выступает удельная трудоемкость выполнения работ \hat{Y} , в качестве факторов были выбраны уровень стесненности работ, опыт работы и трудовая дисциплина.

В результате получены три уравнения регрессии по трем факторам (уровень стесненности, опыт рабочих в бригаде, квалификация рабочих)

Таблица 4.2

Уравнение регрессии по видам работ

| Вид работы | Уравнение регрессии | R^2 |
|----------------------|--|-------|
| Демонтаж фасада | $\hat{Y} = 0,59 - 0,32X_1 - 0,31X_2 - 0,21X_3$ | 0,95 |
| Монтаж каркаса | $\hat{Y} = 0,69 - 0,28X_1 - 0,33X_2 - 0,25X_3$ | 0,96 |
| Монтаж стеклопакетов | $\hat{Y} = 0,67 - 0,32X_1 - 0,3X_2 - 0,33X_3$ | 0,95 |

После получения уравнений регрессии и построения критического пути по видам работ была проведена вероятностная оценка продолжительности проекта. Для этого в соответствии с разработанной методикой выполнено моделирование продолжительностей работ в количестве N_r итераций (не менее 100). На каждой итерации значения трудоёмкости моделировались как случайные величины, распределённые по нормальному закону с параметрами, рассчитанными на основе уравнений регрессии.

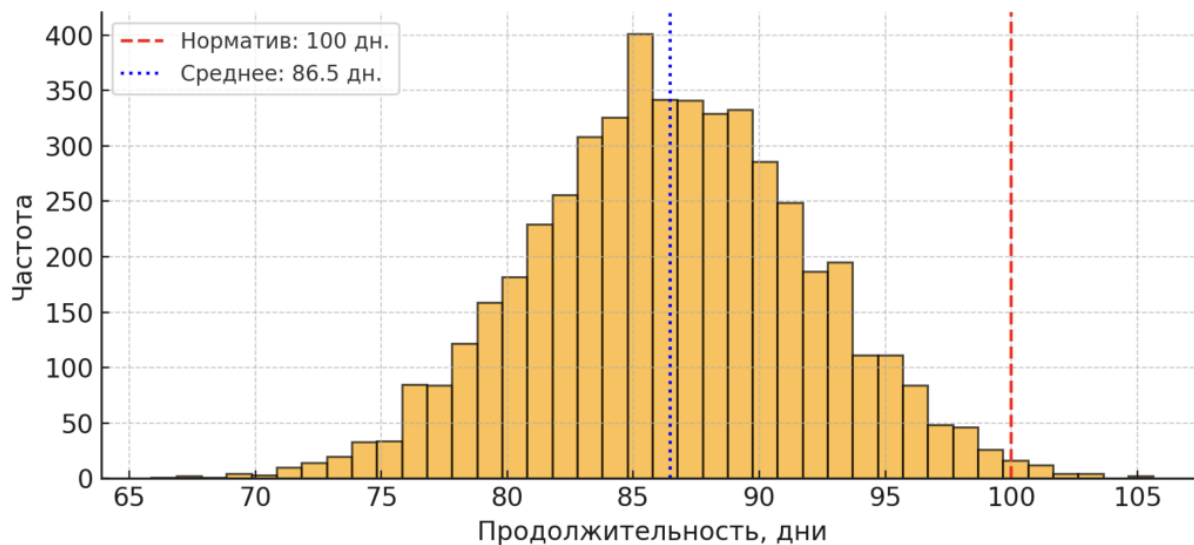


Рисунок 4.12. Распределение продолжительности работ в рамках реализации РСП

Заказчиком был установлен нормативный срок выполнения фасадных работ — 100 дней. В результате моделирования (N_r итераций) средняя прогнозная продолжительность составила около 86 дней при диапазоне 55–121 дней. Вероятность уложиться в установленный норматив составила $\approx 93,5\%$, что отражает показатель организационно-технологической надёжности. По завершении проекта фактическая продолжительность выполнения работ составила 85–87 дней, что на 13–15% ниже нормативной.

По результатам экспертной оценки остаточный срок службы фасадной системы до капитального ремонта составлял примерно 3 года. После капитального ремонта фасада общественного здания с восстановлением теплоизоляционного контура и герметизацией швов остаточный срок службы фасада составил порядка 15 лет.

Прирост остаточного ресурса фасада определяется по формуле:

$$\Delta T_{\text{РСП}} = T_{e,\text{нов}} - T_{e,\text{исх}}, \quad (4.1)$$

где $T_{e,\text{нов}}$ – остаточный срок службы элемента здания после реализации РСП;

$T_{e,\text{исх}}$ – остаточный срок службы элемента здания до реализации РСП.

$$\Delta T_{\text{РСП}} = 14 - 3 = 11 \text{ лет}$$

Таким образом, реализованный ремонтно-строительный проект увеличил срок службы фасадной системы на 11 лет.

Общий остаточный срок службы здания можно определить по наиболее изношенному ключевому элементу объекта:

$$T_{\text{здания}} = \min(T_{e,1}, T_{e,2}, \dots, T_{e,n}), \quad (4.2)$$

где $T_{e,n}$ – остаточный срок службы n – го элемента объекта.

До реализации РСП фасадная система являлась элементом с наименьшим остаточным сроком службы и составляла порядка трех лет.

После реализации ремонтно-строительного проекта по результатам экспертной оценки минимальный остаточный ресурс здания стали иметь инженерные системы, срок службы которых составляет порядка 7 лет. Прирост остаточного ресурса здания в результате реализации РСП может определяться следующим образом:

$$\Delta T_{\text{РСП,здания}} = T_{\text{рем.здание}} - T_{\text{исх.здание}}, \quad (4.3)$$

где $T_{\text{рем.здание}}$ – остаточный ресурс здания после реализации РСП;

$T_{\text{исх.здание}}$ – остаточный ресурс здания до реализации РСП.

$$\Delta T_{\text{РСП,здания}} = 7 - 3 = 4$$

Таким образом, реализация РСП позволила увеличить остаточный ресурс фасадной системы на 11 лет и общий остаточный ресурс здания на 4 года, что подтверждает влияние ремонтно-строительных проектов на продолжительность жизненного цикла объекта.

Практическое применение разработанной методики показало следующие результаты:

- подтверждено влияние значимых факторов на трудоемкость выполнения ремонтно-строительных работ;
- снижены производственные риски, связанные с невыполнением работ;
- оценка показателя ОТН составила 93,5% вероятности того, что работы реально выполнить в данные сроки, что говорит об адекватности разработанной методики;
- сокращено время принятия решения о рациональности выбора организационного решения за счет высокой точности оценки ОТН.

Рекомендации по улучшению организации и реализации РСР могут быть учтены при выполнении работ на следующих объектах.

Разработанная методика выбора рациональных организационно-технологических решений может применяться не только для общественных зданий, но и для культурно-хозяйственных и промышленных объектов.

В ходе апробации результатов диссертационного исследования подтверждено повышение эффективности оценки организационных решений при управлении ремонтно-строительным проектом за счет использования технологии анализа больших данных и оценки показателя ОТН.

Практическое применение предлагаемой методики обеспечения ОТН в условиях неопределённости и рисков за счет использования технологии анализа больших данных показало сокращение сроков выполнения работ при эффективном использовании трудовых ресурсов.

Результаты исследования также внедрены в учебный процесс деятельности студентов ФГБОУВО "ИВГПУ", направления строительство 08.03.01 «Строительство» (бакалавров профиля «Экспертиза и управление недвижимостью») и 08.04.01 «Строительство» (магистрантов магистерской программы «Управление проектами в строительстве и ЖКХ»), что подтверждается соответствующей справкой (Приложение Д).

Разработанный программный комплекс, реализующий предложенную методику, зарегистрирован, что подтверждается свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ (Приложение Е).

Эффективное управление РСП оказывает влияние на основные стадии жизненного цикла объектов.

Стадия проектирования.

Опыт реализации РСП позволяет выявлять типовые ошибки и особенности различных общественных зданий. Возможно учитывать подобные ошибки при проектировании схожих зданий, а также закладывать такие проектные решения, которые способствуют наименьшему увеличению трудоёмкости выполнения работ в будущем.

Стадия строительства.

При длительной реализации множества ремонтно-строительных проектов возможно выявлять организационные и технологические аспекты, связанные с управлением трудовыми ресурсами, логистикой, обеспечением необходимыми материалами. Это повышает качество планирования работ при новом строительстве и снижает ошибки при выполнении строительно-монтажных работ.

Стадия эксплуатации.

Реализация РСП оказывает прямое воздействие на стадию эксплуатации объекта, способствуя поддержанию объекта в работоспособном состоянии в течение его жизненного цикла. При этом обеспечивается своевременность проведения ремонтно-строительных работ.

Стадия реконструкции.

Благодаря учету данных и внесению результатов реализации РСП в базу данных, возможно определять остаточный ресурс здания наиболее точным образом, что помогает определять экономическую целесообразность проведения реконструкции.

Стадия демонтажа.

Накопленные объемы данных позволяют оценить остаточный ресурс объекта. Также возможно определить, какие из элементов находятся на завершении своего жизненного цикла. Такой подход дает возможность установить приоритетность проведения демонтажа объекта и его целесообразность.

4.3. Перспективные направления дальнейших научных исследований

Среди перспективных направлений дальнейших исследований необходимо отметить расширение функционала методики, которое состоит в прогнозировании трудоемкости отдельных видов РСР на общественных зданиях за счет повышения эффективности использования технологии анализа больших данных, а именно использования алгоритма «деревья решений» и алгоритма нейронных сетей. Это позволит формировать отдельную функцию для каждого вида работ, а также выбирать наиболее подходящий алгоритм в тех или иных случаях. В рамках дальнейших исследований предполагается увеличение данных по каждому виду РСР и дополнение новых факторов в математическую модель. Кроме того, планируется разработать систему прогнозирования качества работ, с учетом влияния множества неструктурированных факторов.

Одним из важных направлений является расширение возможностей использования математической модели, а именно расчет трудовых ресурсов для выполнения РСР, а также прогнозирование стоимости выполнения работ. Еще одна перспектива – включение учета влияния типа общественного здания на трудоёмкость выполнения работ. Помимо общественных предполагается использование и других видов объектов.

При расширении возможностей вероятностной оценки выполнения работ планируется добавить возможность учета других законов распределения случайных величин. Это поможет увеличивать точность прогнозов, а также использовать необходимые законы распределения в определенных ситуациях.

Важным направлением является разработка системы поддержки принятий управленческих решений при управлении объектами с учетом внедрения системы сбора данных на всех стадиях. В особенности, дополнение программного комплекса, который позволял бы получать перечень возможных рекомендаций и проблемных зон, с которыми могут столкнуться участники строительства на каждой из ключевых стадий управления жизненным циклом объекта, исходя из данных от

каждого реализованного РСРП, попадающих в общую информационную базу данных, и расширения возможностей классификатора зданий.

Перспективным направлением является разработка дополнительного расчетного модуля, который в автоматизированном режиме производил бы расчет остаточного ресурса объекта недвижимости, исходя из данных, получаемых в результате проведения ремонтно-строительных работ. Это может являться основой для разработки программ по реконструкции и утилизации объекта. Также возможно произвести расчет денежных средств для предварительной оценки стоимости реконструкции или утилизации объекта недвижимости.

Одним из ключевых дополнений является использование технологий анализа больших данных с учетом влияния выявленных на объекте дефектов друг на друга, что позволит более точно оценивать техническое состояние объекта недвижимости.

Дополнительно, на стадии эксплуатации одним из перспективных направлений может являться интеграция с определенными интернет-сервисами, которые позволят загружать данные о стоимости материалов и работ для ускоренного составления сметы и оценки целесообразности их проведения.

Прикладным аспектом развития методики является ее взаимосвязь с программами текущего и капитального ремонта общественных зданий, которые могут формироваться на основе пополняемых данных в информационной базе, а также определять ускоренным образом приоритетность проведения работ для управляющих компаний и собственников объектов. Возможно учитывать повторяемость дефектов и начинать планирование работ, исходя не из нормативных параметров, а из реального состояния объекта на текущий момент времени. Сделать возможным процесс обмена данными в общей информационной среде между управляющими компаниями, собственниками объектов, проектными и подрядными организациями и другими участниками ремонтно-строительного процесса.

Все направления дальнейших исследований должны обеспечить сохранность общественных зданий и увеличение сроков службы за счет принятия наиболее эффективных организационных решений.

Выводы по главе 4.

1. Разработана концептуальная модель базы данных, обеспечивающая структурное хранение различного рода информации, в особенности она является актуальным источником информации по собранным статистическим данным, положенным в основу анализа больших данных.
2. Разработан программный комплекс, являющийся основой для выработки наилучших организационных решений, а также средством централизованного хранения и обработки информации внутри ремонтно-строительной организации.
3. Произведена апробация методики, по результатам которой сделаны следующие выводы:
 - предполагаемые значимые факторы влияют на трудоемкость выполнения работ;
 - разработанная методика снижает производственные риски, связанные с невыполнением работ;
 - оценка показателя ОТН показала вероятность 93,5% того, что ремонтно-строительные работы реально выполнить в заданные сроки, что говорит о точности разработанной методики;
 - предлагаемая методика сокращает время принятия решения о рациональности выбора организационного решения за счет высокой точности оценки ОТН.
4. Определены дальнейшие направления исследования, в особенности повышение эффективности использования технологии анализа больших данных, а именно использования алгоритма «дерева решений» и алгоритма нейронных сетей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В проведенном диссертационном исследовании достигнуты поставленные цели и решены сформулированные задачи. Предложенный метод организации ремонтно-строительных проектов общественных зданий является важным элементом управления их жизненным циклом.

На основании проведенной теоретико-экспериментальной работы сделаны следующие выводы:

1. Ремонтно-строительные проекты являются важным элементом управления жизненным циклом объекта недвижимости. Для зданий, построенных с применением ТИМ, управление ремонтно-строительными проектами осуществляется на основе данных цифровой модели. Подавляющее большинство эксплуатируемых зданий построено без использования ТИМ, данные о техническом состоянии таких зданий и различного рода документация могут вовсе отсутствовать. В результате рассмотрения научных трудов в теории ОТН выяснено, что анализ больших данных при управлении ремонтно-строительными проектами не применялся, следовательно, использование этого инструмента с принципами ОТН является важным и актуальным направлением, позволяющим повысить эффективность организационно-технологических решений при управлении РСР и, как следствие, УЖЦ ОКС в целом.
2. Описано выражение, показывающее зависимость между реализацией ремонтно-строительных проектов и продолжительностью ЖЦ объекта. Выполнен анализ подходов к устранению дефектов зданий, на основе которого разработана информационная база, позволяющая формировать перечень рекомендаций по устранению дефектов в автоматизированном режиме, что создаёт базу для накопления и использования данных на стадиях эксплуатации и ремонта в жизненном цикле здания.

3. Проведен анализ литературных источников, посвященных технологиям работы с большими данными, и существующих методов обработки и анализа больших данных, на его основе разработана математическая модель оценки вероятности реализации РСП в заданные сроки с применением анализа больших данных. В основу модели положен принцип самообучения, в соответствии с которым по мере увеличения количества статистических данных происходит перерасчет, и точность модели возрастает.
4. Разработана блок-схема организации ремонтно-строительных работ общественных зданий, формализующая последовательность планирования и выбора организационно-технологических решений с учетом условий реализации. Оценка решений осуществляется с учётом влияния неструктурированных факторов при принятии решений в условиях неопределённости и ограниченной доступности ресурсов.
5. Сформирована структура взаимосвязанных классификаторов общественных зданий, элементов и дефектов, создающих единую цифровую базу данных. Классификатор зданий представляет код, позволяющий сравнивать здания по схожим характеристикам. Классификаторы элементов и дефектов обеспечивают структуру для сбора данных, их хранения, обработки и использования для дальнейшего анализа технического состояния здания и реализации РСП.
6. Разработана математическая модель оценки вероятности выполнения работ в заданные сроки. На основе применения множественной линейной регрессии ($R^2 = 0,85 - 0,86$) и моделирования значений трудоемкости ($N_r = 800$). Алгоритм формирования рациональных решений позволяет сформировать организационно-технологические решения, исходя из возможностей конкретной ремонтно-строительной организации. Критерием оценки эффективности алгоритма выступает уровень организационно-технологической надёжности. Это особенно актуально при отсутствии точных количественных зависимостей между факторами и трудоёмкостью, а также при реализации проектов в условиях неопределенности и

рисков. Установлено, что уровень ОТН оставил порядка 93,5%, что говорит о высоком уровне надежности.

7. Проведена апробация исследования в рамках деятельности ремонтно-строительной организации при выполнении ремонтно-строительных работ участка фасада здания. Результаты внедрения метода показали сокращение сроков реализации ремонтно-строительного проекта на 13-14% от нормативных. Прирост остаточного ресурса уже отремонтированного объекта составил порядка 4 лет. В диссертационном исследовании показано, что повышение эффективности управления ремонтно-строительными проектами способствует повышению эффективности управления жизненным циклом объектов недвижимости в целом. Опыт и данные, полученные при их реализации, формируют обратную связь для проектирования новых объектов, совершенствования процессов строительства, повышения надёжности на стадии эксплуатации, уточнения решений о реконструкции и обоснования вывода из эксплуатации. Повышение эффективности управления РСП позволяет создать целостную систему, которая способствует улучшению жизнедеятельности строительной отрасли в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов Л.И., Гусаков А.А., Шрейбер А.К. и др. Организация и планирование строительного производства. — М.: Высш. шк., 1987. — 368 с.
2. Априорное ранжирование факторов при наличии связанных рангов: методические указания / сост. В.В. Куц, М.С. Разумов. — Курск. — 2018. — 14 с.
3. Бедов А.И., Габитов А.А., Знаменский В.В. Обследование и оценка технического состояния оснований и строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. Ч. 1. — М.: АСВ, 2014-2017.
4. Болотова А.С. Повышение организационно-технологической надежности монолитного строительства: дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.22. — М. — 2017.
5. Браила Н.В. Календарное планирование ремонтно-строительных работ на основе совершенствования методики определения физического износа объектов: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.08. — СПб. — 2012.
6. Власова Е.Л., Власова М.Л., Боровикова Н.В., Карелин Д.В. Искусственный интеллект в архитектурно-градостроительном проектировании // Архитектура и современные информационные технологии. — 2023. — № 4(65). — С. 311–324.
7. Волков А.А., Петрова С.Н., Гинзбург А.В. Информационные системы и технологии в строительстве. — М.: МГСУ, 2015. — 424 с.
8. ВСН 41-85(р). Инструкция по разработке проектов организации и проектов производства работ по капитальному ремонту жилых зданий. — М.: Стройиздат, 1986. — 76 с.
9. ВСН 42-85(р). Правила приемки в эксплуатацию законченных капитальным ремонтом жилых зданий. — М.: Стройиздат, 1986. — 28 с.
10. ВСН 53-86(р). Правила оценки физического износа жилых зданий. — М.: Прейскурантиздат, 1988. — 72 с.
11. ВСН 55-87(р). Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на капитальный ремонт жилых зданий. — М.: Стройиздат, 1988. — 52 с.
12. ВСН 57-88(р). Положение по техническому обследованию жилых зданий. — М.: Госкомархитектура, 1988.

13. ВСН 58-88(р). Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий. — М.: ОАО «ЦПП», 2008. — 42 с.
14. ВСН 59-88. Нормативы для проектирования и ремонта общественных зданий. — М.: Стройиздат, 1989. — 87 с.
15. ВСН 60-89. Методические рекомендации по капитальному ремонту общественных зданий. — М.: Стройиздат, 1990. — 76 с.
16. ВСН 61-89(р). Реконструкция и капитальный ремонт жилых домов. Нормы проектирования. — М.: Стройиздат, 1990. — 97 с.
17. Вьюгин В.В. Математические основы машинного обучения и прогнозирования. 2-е изд. — М.: МЦНМО, 2018. — 384 с.
18. Гинзбург А.В. BIM-технологии на протяжении жизненного цикла строительного объекта // Информационные ресурсы России. — 2016. — № 5. — С. 28–31.
19. Гинзбург А.В. Возможности искусственного интеллекта по повышению организационно-технологической надежности строительного производства // Вестник МГСУ, 2018. — Т. 13. — № 1(112). — С. 7–13.
20. Гинзбург А.В. Информационная модель жизненного цикла строительного объекта // Промышленное и гражданское строительство. — 2016. — № 9. — С. 61–65.
21. Гинзбург А.В., Нестерова Е.И. Технология непрерывной информационной поддержки жизненного цикла строительного объекта // Вестник МГСУ. — 2011. — № 5. — С. 317–320.
22. Гневанов М.В. Описание системы взаимосвязанных классификаторов при управлении жизненным циклом объекта при организации ремонтно-строительных работ на стадии эксплуатации объекта // Строительное производство. — 2023. — № 2 (46). — С. 133–136.
23. Гневанов М.В., Иванов Н.А. Обеспечение организационно-технологической надежности организации ремонтно-восстановительных работ на основе технологии анализа больших данных // Наука и бизнес: пути развития. — 2019. — № 12. — С. 79–81.

24. Гневанов М.В., Иванов Н.А. Обобщённое описание процесса цифровизации и возможности его влияния на управление жизненным циклом объекта // Наука и бизнес: пути развития. — 2022. — № 3. — С. 73–76.
25. Гневанов М.В., Иванов Н.А. Применение технологий анализа больших данных для разработки и оценки вариантов организации ремонтно-строительных работ в общественных зданиях // Наука и бизнес: пути развития. — 2020. — № 5. — С. 22–25.
26. Гневанов М.В., Иванов Н.А. Технологии "больших данных" (Big Data) и их применение в градостроительном планировании // ПГС. — 2018. — № 4. — С. 83–87.
27. Гневанов М.В., Иванов Н.А. Управление жизненным циклом объекта при организации ремонтно-строительных работ на основе цифровизации // Строительное производство. — 2022. — № 4 (46). — С. 33–37.
28. Гобарева Я.Л. BIG DATA: большой потенциал управления рисками // Транспортное дело России. — 2016. — № 1. — С. 21–24.
29. Головинский П.А., Драпалюк Д.А., Мищенко В.Я. Прогнозирование темпов износа жилого фонда на основе мониторинга дефектов строительных конструкций // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. — 2009. — № 4(16). — С. 111–117.
30. Горбанева Е.П. Организация ремонтно-строительных работ при проведении санации кварталов жилой застройки: дисс. ... канд. техн. наук. — Воронеж. — 2008. — 177 с.
31. Горбанева Е.П., Шеина С.Г., Косовцева И.А. Энергетическая оптимизация жизненного цикла объекта капитального строительства // Инженерные системы и сооружения. — 2023. — № 1 (51). — С. 8–14.
32. ГОСТ 17624—2012. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. — М.: Стандартинформ, 2014.
33. ГОСТ 31937—2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния [Электронный ресурс]. — М.: Стандартинформ,

2011. — URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293781/4293781963.htm> (дата обращения: 16.02.2024).
34. ГОСТ Р 53778—2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. — М.: Стандартинформ, 2010. — 24 с.
35. ГОСТ Р 54869—2011. Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом. — М.: Стандартинформ, 2011. — 12 с.
36. ГОСТ Р 56193—2024. Услуги жилищно-коммунального хозяйства. Услуги капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов. — М.: Стандартинформ, 2024. — 24 с.
37. ГОСТ Р 56535—2015. Услуги жилищно-коммунального хозяйства. Услуги текущего ремонта общего имущества многоквартирных домов. — М.: Стандартинформ, 2015. — 24 с.
38. ГОСТ Р 57363—2023. Управление проектом в строительстве. Деятельность управляющего проектом (технического заказчика). — М.: Стандартинформ, 2023. — 48 с.
39. ГОСТ Р 58184—2018. Система менеджмента проектной деятельности. Основные положения. — М.: Стандартинформ, 2018. — 12 с.
40. ГОСТ Р ИСО 21500—2014. Руководство по проектному менеджменту. — М.: Стандартинформ, 2015. — 50 с.
41. ГОСТ Р ИСО/МЭК 20546—2021. Информационные технологии. Большие данные. Обзор и словарь. — М.: Стандартинформ, 2021. — 32 с.
42. Градостроительный кодекс Российской Федерации: Федер. закон от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 27.12.2019).
43. Грачев В.А. Проектирование комплексной системы оценки эксплуатационного качества организационно-технологических решений реконструкции строений: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.08. — М., 2015.
44. Гроздов В.Т. Дефекты строительных конструкций и их последствия. — СПб., 2007. — 136 с.
45. Гусаков А.А. Организационно-технологическая надежность строительства. — М.: SVR-Аргус, 1994.

46. Гусаков А.А. Системотехника строительства. — М.: Стройиздат, 1993. — 368 с.
47. Гучкин И.С. Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций. — М.: АСВ. — 176 с.
48. Гучкин И.С. Техническая эксплуатация и реконструкция зданий. 3-е изд. — М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2016. — 344 с.
49. Демиденко Е.З. Линейная и нелинейная регрессии. — М.: Финансы и статистика, 1981. — 304 с.
50. Добромыслов А.Н. Диагностика повреждений зданий и инженерных сооружений. — М.: АСВ, 2006. — 256 с.
51. Драпалюк Д.А., Мищенко В.Я., Солнцев Е.А. Мониторинг дефектов и учет старения строительных конструкций жилого фонда // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. — 2009. — № 4(16). — С. 118–123.
52. Емельянов Д.И. Моделирование расписаний строительно-монтажных работ на основе агрегированных матрично-сетевых моделей: дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.22. — Воронеж, 2003.
53. Емельянов Д.И., Мищенко В.Я. Методы решения задач календарного планирования на основе композиционных матрично-сетевых моделей // Изв. вузов. Строительство. — 2002. — № 5. — С. 58–63.
54. Жавнеров П.Б. Повышение организационно-технологической надежности строительной организации за счет структурных мероприятий: дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.22. — М., 2015.
55. Жолобова Е.А. Оценка предпроектных организационно-технологических решений по ремонту многоквартирных жилых зданий: дисс. ... канд. техн. наук. — Ростов-на-Дону, 2010. — 144 с.
56. Зильберова И.Ю., Новоселова И.В., Маилян В.Д., Петров К.С., Швец А.Е. Перспективы применения BIM-технологий на всех стадиях жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта // Современные тенденции в строительстве. — 2023. — Т. 2. — № 1. — С. 44–53.

57. Капитальное строительство СССР: статистический сборник / Госкомстат СССР. — М.: Финансы и статистика, 1988. — 328 с.
58. Келлехер Д.Д., Мак-Нейми Б., д'Арси А. Основы машинного обучения для аналитического прогнозирования. — М.: Диалектика, 2019.
59. Кельберт М.Я., Сухов Ю.М. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Т. 3. — М.: МЦНМО, 2014. — 568 с.
60. Клюев В.Д., Щепанский С.Б., Панаева В.В., Зайцев Д.А. Производительность труда в строительной отрасли и методы её измерения // Инноватика и экспертиза. — 2022. — № 1(33). С. 89–94.
61. Кожевников Д.Г. Комплексная методика оценки эффективности организации строительного производства при ремонте инженерных коммуникаций: дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.22. — М., 2014.
62. Коробкова О.А., Максименко Л.А. Обследование и мониторинг технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений. — М.: АСВ, 2019.
63. Король Е.А., Дрепалов И.Ф. Многокритериальный анализ эффективности внедрения технологий информационного моделирования в ремонтно-строительное производство // Строительство и архитектура. — 2022. — Т. 10. — № 4. — С. 46–50.
64. Кужин М.Ф. Методика выбора организационно-технологических решений при устройстве навесных фасадных систем: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.08. — М., 2013. — 151 с.
65. Кузнецов С.М., Маслов И.А., Суворов А.Д., Ячменьков С.Н. Оценка надежности организационно-технологических решений в строительстве // Транспортное строительство. — 2007. — № 1. — С. 26–27.
66. Кулаков Д.С., Карелин Д.В. Критерий Пирсона для оценки количества информационных параметров в виртуальном паспорте // Современные тенденции в строительстве. — 2024. — Т. 3. — № 4. — С. 96–106.
67. Лapidус А.А. Системотехнические основы автоматизации проектирования организационных структур крупномасштабного строительства: дисс. ... д-ра техн. наук. — М., 1997. — 223 с.

68. Лapidус А.А., Загорская А.В. Применение методов экспертной оценки в научном исследовании: необходимое количество экспертов // Строительное производство. – 2020. – № 3. – С. 21–34.
69. Лapidус А.А., Федосов С.В., Петрухин А.Б., Кеневей Э. Цифровое информационное моделирование BIM — одна из возможностей управления жизненным циклом объектов строительства // Строительное производство. – 2023. – № 4(48). – С. 32–36.
70. Маилян В.Д. Выбор технических и организационно-технологических решений ремонтно-строительного производства в сфере ЖКХ и городской среды: дисс. ... канд. техн. наук. — Ростов-на-Дону, 2020. — 180 с.
71. Маклакова Т.Г., Банцерова О.Л., Шарапенко В.Г. Архитектурно-конструктивное проектирование зданий. Общественные здания и сооружения. — М.: АСВ, 2017. Т. 2. — 448 с.
72. Методика определения физического износа гражданских зданий: утв. приказом Министерства коммунального хозяйства РСФСР от 27.10.1970 № 404.
73. Министерство строительства и ЖКХ РФ. Приказ от 04.08.2014 № 427/пр «Об утверждении методических рекомендаций установления необходимости проведения капитального ремонта общего имущества в многоквартирном доме» [Электронный ресурс]. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_168043/ (дата обращения: 18.05.2023).
74. Мищенко А.В. Информационное моделирование жизненного цикла объекта капитального строительства: дисс. ... канд. техн. наук. — Ростов-на-Дону, 2023. — 162 с.
75. Мищенко В.Я. Теоретические основы организации эксплуатации и воспроизводства объектов недвижимости: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.23.08. — Воронеж, 2006. — 442 с.
76. Морозов А.С., Ремнева В.В., Тонких Г.П. и др. Организация и проведение обследования технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений. — М., 2001.

77. Мюллер А. Введение в машинное обучение с помощью Python: руководство для специалистов по работе с данными. — М.: Альфа-книга, 2017. — 487 с.
78. Наумов А.Е., Старченко К.М. Повышение эффективности управления жизненным циклом объектов капитального строительства на основе управленческой кооперации участников и технологий инициативного вмешательства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. — 2025. — № 12. — С. 41–48.
79. Олейник П.П. Организация строительного производства. — М.: АСВ, 2012.
80. Опарина Л.А. Теоретические основы процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий: дисс. ... д-ра техн. наук. — Иваново, 2016. — 309 с.
81. Опарина Л.А., Барзыгин Е.А., Гриднева Я.А., Касьяненко Н.С. Использование инструмента бережливого производства в управлении поставками материалов в течение жизненного цикла строительного проекта // Вестник МГСУ. — 2024. — № 5. — С. 826–835.
82. Опарина Л.А., Гневанов М.В. Разработка концептуальной схемы организации ремонтно-строительных работ как важный элемент управления жизненным циклом зданий // Строительное производство. — 2024. — № 2 (49). — С. 45–51.
83. Опарина Л.А., Гневанов М.В., Огурцов В.А., Петрухин А.Б., Власова Е.А. Цифровизация планирования ремонтно-строительных работ на предприятиях текстильной промышленности: разработка информационной системы на основе классификатора дефектов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. — 2026. — №1 (421). — С. 214-221.
84. Петросян Р.С. Формирование организационно-технологического механизма повышения технологичности производства работ при капитальном ремонте зданий // Строительство: наука и образование. — 2023. — Т. 13. — № 47. — С. 84–97.
85. Петрухин А.Б., Щербакова Н.А. Развитие технологий искусственного интеллекта в строительстве // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. — 2024. — № 2. — С. 67–77.

86. Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания жилых зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения. — М.: Стройиздат, 1990.
87. Понявина Н.А. Повышение организационно-технологической надежности ремонтно-строительных и реконструкционных работ на объектах недвижимости: дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.22. — Воронеж, 2010.
88. Попов Г.Т. Планирование и проектирование капитального ремонта жилых и общественных зданий. — М.: Стройиздат, 2018. — 184 с.
89. Попова О.Н. Метод календарного планирования ремонта жилых зданий на основе их структурного анализа: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.08. — СПб., 2014.
90. Попова О.Н. Методы машинного обучения для организационно-технологического проектирования капитального ремонта жилищного фонда // Жилищное строительство. — 2025. — № 5. — С. 39–46.
91. Попова О.Н. Преобразование структуры классификатора строительной информации для применения BIM-технологий на этапе эксплуатации // Строительное производство. — 2025. — № 1. — С. 87–92.
92. Попова О.Н., Заостровская А.С. Цифровое моделирование технического состояния зданий для целей технического обслуживания и ремонта // Инженерный вестник Дона. — 2025. — № 5(125). — С. 435–444.
93. Порывай Г.А. Техническая эксплуатация зданий. — М.: Стройиздат, 1990. — 368 с.
94. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации»: утв. распоряжением Правительства РФ от 28.07.2017 № 1632-р [Электронный ресурс]. — URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения: 12.06.2019).
95. Римшин В.И., Кузина И.С., Астафьева М.А., Молчанова А.Е. Научные основы информационного моделирования в расчете зданий и сооружений // БСТ: Бюллетень строительной техники. — 2023. — № 11(1071). — С. 20–23.

96. Римшин В.И., Соловьев А.К., Амелин П.А., Никитин А.А. Теория деградации в жизненном цикле зданий и сооружений // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 5. — EDN IENQTU.
97. Ройтман А.Г. Деформации и повреждения зданий. — М.: Стройиздат, 1987.
98. Ройтман А.Г. Надежность конструкций эксплуатируемых зданий. — М.: Стройиздат, 1985. — 175 с.
99. Ройтман А.Г., Смоленская Н.М. Ремонт и реконструкция жилых и общественных зданий. — М.: Стройиздат, 1978. — 317 с.
100. Романович М.А. Повышение организационно-технологической надежности монолитного домостроения на основе моделирования параметров календарного плана: дисс. ... канд. техн. наук. — СПб., 2015. — 173 с.
101. Россия в цифрах: краткий статистический сборник / Росстат. — М.: Росстат, 2020. — 511 с.
102. Рыбакова А.О. Использование информационных моделей модульных элементов на этапе архитектурно-строительного проектирования объектов капитального строительства: дисс. ... канд. техн. наук. — М., 2023. — 201 с.
103. Саати Т. Принятие решений: метод анализа иерархий / пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. — М.: Радио и связь, 1993. — 320 с.
104. Сборщиков С.Б., Теличенко В.И., Волков А.А. Основы проектирования, строительства, эксплуатации зданий и сооружений. — М.: НИУ МГСУ, 2017. — 448 с.
105. Седых Ю.И. Организационно-технологическая надежность жилищно-гражданского строительства. — М.: Стройиздат, 1989. — 399 с.
106. Семенов А.В. Организация технического обследования зданий жилищного фонда для выполнения работ по капитальному ремонту, модернизации и реконструкции: дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.22. — М., 2011.
107. Синенко С.А., Славин А.М. Организационно-технологические решения по безопасности труда в проектах производства работ. — М.: АСВ, 2015.
108. СП 118.13330.2012. Общественные здания и сооружения. — М.: Стандартинформ, 2011.

109. СП 255.1325800.2016. Здания и сооружения. Правила эксплуатации. — М.: Стандартиформ, 2017. — 62 с.
110. СП 368.1325800.2017. Здания жилые. Правила проектирования капитального ремонта. — М.: Стандартиформ, 2018. — 32 с.
111. СП 394.1325800.2018. Здания и комплексы высотные. Правила эксплуатации. — М.: Стандартиформ, 2018. — 32 с.
112. СП 48.13330.2019. Организация строительства. — М.: Минстрой России, 2019.
113. Строительство в России: статистический сборник. — М.: Госкомстат России, 1998.
114. Суворова М.О., Наумов А.Е., Строкова В.В. Совершенствование системы управления жизненным циклом комплексной застройки территорий с позиции низкоуглеродного развития // Строительство и архитектура. — 2023. — Т. 11. — № 2. — С. 3.
115. Сулейманова Л.А., Обайди А.А.Х., Шарапов О.Н., Черенков А.Ю. Оптимизация энергосбережения при управлении жизненным циклом объектов строительства на этапе проектирования // Вестник евразийской науки. — 2024. — Т. 16. — № 5.
116. Сулейманова Л.А., Черенков А.Ю., Шарапов О.Н., Иващенко И.И. Интеграция результатов неразрушающего контроля в информационно-иерархическую модель городского пространства при управлении жизненным циклом объектов строительства // Вестник евразийской науки. — 2025. — Т. 17. — № 4.
117. Топчий Д.В., Адамцевич Л.А., Шилов Л.А. Разработка аналитических инструментов информационного моделирования поддержки жизненного цикла ОКС // Строительное производство. — 2024. — № 3. — С. 70–75.
118. Топчий Д.В., Голованов А.Ю., Газдаров А.А. Теоретический анализ системы управления проектами капитального строительства на современном этапе // Строительное производство. — 2024. — № 1. — С. 51–56.

119. Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд».
120. Федеральный закон от 23.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [Электронный ресурс]. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/ (дата обращения: 14.07.2024).
121. Федосов С.В., Лapidус А.А., Петрухин А.Б., Нармания Б.Е. Организационно-технологические принципы мониторинга состояния здания на этапе эксплуатации жизненного цикла // Вестник МГСУ. – 2024. – Т. 19. – № 1. – С. 128–137.
122. Федосов С.В., Нармания Б.Е., Смирнова Е.Л., Коновалова В.С., Касьяненко Н.С. Понятие «жизненный цикл здания»: к вопросу о концептуализации // Вестник МГСУ. – 2025. – Т. 20. – № 4. – С. 584–595.
123. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. — М.: ДМК, 2015.
124. Цифровая экономика: глобальные тренды и практика российского бизнеса [Электронный ресурс]. — URL: https://imi.hse.ru/pr2017_1 (дата обращения: 11.10.2019).
125. Чельшков П.Д. Киберфизическая интеграция строительных систем: дисс. ... д-ра техн. наук. — М., 2018. — 345 с.
126. Чулков В.О. Инфографические основы функциональных систем. Т. 2. — М.: СВРАРГУС, 2007. — 264 с.
127. Чулков В.О. Инфография — метод и средство формирования и исследования функциональных систем // Вестник Международной академии наук (русская секция). 2008. – № 1.
128. Шалягин Г.Л. Организационно-технологическая надежность: метод. пособие. — Хабаровск: ДВГУПС, 2006. — 52 с.
129. Шеина С.Г., Виноградова Е.В., Денисенко Ю.С. Пример применения BIM-технологий при обследовании зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. — 2021. — № 6 (78). — С. 340–346.

130. Шеина С.Г., Зильберова И.Ю., Бобкина В.А., Зильберов Р.Д. Повышение эффективности организационно-технологического обеспечения системы капитального ремонта на современном этапе // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 3(111). – С. 260–270.
131. Шеина С.Г., Умнякова Н.П., Гирия Л.В., Добровольский Р.И. Энергосберегающие технологии при использовании подземного пространства на различных этапах жизненного цикла зданий // Жилищное строительство. — 2022. — № 6. — С. 29–32.
132. Ширшиков Б.Ф. Организация, управление и планирование в строительстве. — М.: АСВ, 2012.
133. Шрейбер К.А. Технология и организация ремонтно-строительного производства. 4-е изд. — М.: АСВ, 2008.
134. Шрейбер К.А. Технология производства ремонтно-строительных работ: монография. — М.: АСВ, 2014.
135. Шрейбер К.А. Технология утепления стеновых ограждающих конструкций жилых зданий при ремонте напылением пенополиуретана: дисс. ... канд. техн. наук. — М., 1984. — 173 с.
136. Шрейбер К.К. Совершенствование организационно-технологической подготовки капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов: дисс. ... канд. техн. наук. — М., 2021. — 163 с.
137. Шрейбер К.К., Король Е.А. Теоретические аспекты формирования нормативно-методической базы капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14. – № 11. – С. 1473–1481.
138. Экба С.И. Особенности принятия решений при организации реконструкции зданий // Строительное производство. – 2020. – № 1. – С. 22–26.
139. Abuhussain M.A., Waqar A., Khan A.M., Othman I., Alotaibi B.S., Althoey F., Abuhussain M. Integrating Building Information Modeling (BIM) for optimal lifecycle management of complex structures // Journal of Building Engineering. — 2024. — Vol. 85. — Art. 108637. — DOI: 10.1016/j.jobee.2023.108637.

140. Arbulu M., Oregi X., Etxepare L. Parametric simulation tool for the enviro-economic evaluation of energy renovation strategies in residential buildings with life cycle thinking: PARARENOVATE-LCT // *Energy and Buildings*. — 2024. — Vol. 312. — Art. 114182. — DOI: 10.1016/j.enbuild.2024.114182.
141. Dandago A.A., Yamusa M.A., Lawal H.S., Abubakar M., Abdullahi M., Zailani B.M. Impact of uncertainty factors on the performance of building renovation projects // *Journal of Engineering, Design and Technology*. — 2025. — Vol. 23, No. 6. — P. 1875–1897. — DOI: 10.1108/JEDT-03-2024-0182.
142. Das S.R. Big Data's Big Muscle // *Finance & Development*. — 2016. — Vol. 53. — №. 3. — P. 26–27.
143. Datta S.D., Islam M., Rahman Sobuz M.H., Ahmed S., Kar M. Artificial intelligence and machine learning applications in the project lifecycle of the construction industry: a comprehensive review // *Heliyon*. — 2024. — Vol. 10. — Art. e26888. — DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e26888.
144. De Carvalho Araujo L., Bonhomme M., Faraut S., Tornay N. Unveiling renovation patterns in the French building stock using archetype classification and energy performance certificates data // *Energy and Buildings*. — 2025. — Vol. 344. — Art. 116287. — DOI: 10.1016/j.enbuild.2025.116287.
145. Gnevanov M.V. Practical application of the method of organizing repair and construction works in public buildings // *Components of Scientific and Technological Progress*. — 2020. — № 3. — P. 11–15.
146. Gnevanov M.V., Ivanov N.A. Features of the organization of repair and construction works in conditions of digitalization // *Components of Scientific and Technological Progress*. — 2021. — № 6. — P. 12–16.
147. Ivanov N.A., Gnevanov M.V. Big Data: Perspectives of Using in Urban Planning and Management // *MATEC Web of Conferences*. — 2018. — Vol. 170. — Art. 01107.
148. Ivanov N.A., Gnevanov M.V. The use of big data in the organization of repair and construction works to ensure OTR // *E3S Web of Conferences*. — 2021. — Vol. 263. — Art. 02010.

149. Kitchin R. *The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences*. — London: Sage, 2014.
150. Lu W., Long W., Yuan L. A machine learning regression approach for pre-renovation construction waste auditing // *Journal of Cleaner Production*. — 2023. — Vol. 386. — Art. 135749. — DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.135749.
151. Mikalef P., van de Wetering R., Krogstie J. Building dynamic capabilities by leveraging big data analytics: the role of organizational inertia // *Information & Management*. — 2021. — Vol. 58. — No. 6. — Art. 103412. — DOI: 10.1016/j.im.2020.103412.
152. Pardalis G., Mahapatra K., Palm J. From blueprint to reality: An ex-ante and ex-post evaluation of one-stop shops for building renovation // *Energy and Buildings*. — 2025. — Vol. 328. — Art. 115149. — DOI: 10.1016/j.enbuild.2024.115149.
153. Pihelo P., Kalamees T. Performance evaluation and development of prefabricated insulation elements for renovation of apartment buildings with autoclaved aerated concrete external walls // *Energy and Buildings*. — 2025. — Vol. 332. — Art. 115439. — DOI: 10.1016/j.enbuild.2025.115439.
154. Salvalai G., Zhao F. Active prefabricated façade with building-integrated photovoltaic (APF-BIPV) technologies for high energy efficient building renovation: a systematic review // *Energy and Buildings*. — 2025. — Vol. 348. — Art. 116440. — DOI: 10.1016/j.enbuild.2025.116440.
155. Teng Y., Bao Y., Wang Y., Liu S., Li Z., Tiong R.L.K. Recognizing and reconciling dynamic stakeholder conflicts for sustainability in old residential community renovation project strategies // *Environmental Impact Assessment Review*. — 2025. — Vol. 110. — Art. 107693. — DOI: 10.1016/j.eiar.2024.107693.
156. Torgo L., Ribeiro R.P., Pfahringer B., Branco P. *SMOTE for regression* // *Progress in Artificial Intelligence*. — Heidelberg: Springer, 2013.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Форма опросного листа

(ФИО) эксперта _____

Должность _____

Факторы, влияющие на трудоемкость выполнения ремонтно-строительных работ:

1. _____

2. _____

3. _____

| № эксперта | Должность / роль эксперта | Перечень факторов, влияющих на трудоемкость работ (по мнению эксперта) | Комментарии / пояснения эксперта |
|------------|---------------------------|--|----------------------------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Форма оценочного листа

(ФИО) эксперта _____

| Наименование фактора | Ранг (1-10) |
|---|-------------|
| 1. Квалификация рабочих | |
| 2. Опыт работы бригады | |
| 3. Трудовая дисциплина рабочих в бригаде | |
| 4. Наличие необходимых материалов | |
| 5. Уровень стесненности | |
| 6. Погодные условия (для работ на улице) | |
| 7. Уровень сложности работы | |
| 8. Настроение рабочих | |
| 9. Качество и современность оборудования | |
| 10. Уровень поддержки и взаимодействия с руководством | |

**ПРИЛОЖЕНИЕ В. Результаты экспертного опроса по факторам, влияющим
на трудоемкость**

Фактор «Квалификация рабочих»

| № эксперта | [0-0,33) | [0,33-0,66) | [0,66-1,0] |
|------------|----------|-------------|------------|
| 1 | 3 | 2 | 1 |
| 2 | 3 | 2 | 1 |
| 3 | 3 | 1 | 2 |
| 4 | 3 | 2 | 1 |
| 5 | 3 | 1 | 1 |

Фактор «Опыт рабочих»

| № эксперта | [0-0,33) | [0,33-0,66) | [0,66-1,0] |
|------------|----------|-------------|------------|
| 1 | 3 | 2 | 1 |
| 2 | 3 | 2 | 1 |
| 3 | 3 | 2 | 1 |
| 4 | 3 | 2 | 1 |
| 5 | 3 | 2 | 1 |

Фактор «Трудовая дисциплина рабочих»

| № эксперта | [0-0,33) | [0,33-0,66) | [0,66-1,0] |
|------------|----------|-------------|------------|
| 1 | 3 | 2 | 1 |
| 2 | 3 | 1 | 2 |
| 3 | 3 | 2 | 1 |
| 4 | 3 | 2 | 1 |
| 5 | 3 | 1 | 1 |

Фактор «Наличие необходимых материалов»

| № эксперта | [0-0,33) | [0,33-0,66) | [0,66-1,0] |
|------------|----------|-------------|------------|
| 1 | 3 | 2 | 1 |
| 2 | 3 | 2 | 1 |
| 3 | 3 | 2 | 1 |
| 4 | 3 | 2 | 1 |
| 5 | 3 | 2 | 1 |

Фактор «Уровень стесненности»

| № эксперта | [0-0,33) | [0,33-0,66) | [0,66-1,0] |
|------------|----------|-------------|------------|
| 1 | 3 | 2 | 1 |
| 2 | 3 | 3 | 1 |
| 3 | 3 | 2 | 1 |
| 4 | 3 | 3 | 1 |
| 5 | 3 | 2 | 1 |

Фактор «Погодные условия»

| № эксперта | [0-0,33) | [0,33-0,66) | [0,66-1,0] |
|------------|----------|-------------|------------|
| 1 | 3 | 2 | 1 |
| 2 | 3 | 2 | 1 |
| 3 | 3 | 2 | 1 |
| 4 | 3 | 2 | 1 |
| 5 | 3 | 2 | 1 |

Фактор «Уровень сложности работ»

| № эксперта | [0-0,33) | [0,33-0,66) | [0,66-1,0] |
|------------|----------|-------------|------------|
| 1 | 3 | 2 | 1 |
| 2 | 3 | 2 | 1 |
| 3 | 3 | 2 | 1 |
| 4 | 3 | 2 | 1 |
| 5 | 3 | 2 | 1 |

Фактор «Качество и современность оборудования»

| № эксперта | [0-0,33) | [0,33-0,66) | [0,66-1,0] |
|------------|----------|-------------|------------|
| 1 | 3 | 2 | 1 |
| 2 | 3 | 1 | 1 |
| 3 | 3 | 1 | 1 |
| 4 | 3 | 2 | 1 |
| 5 | 3 | 2 | 1 |

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Акт о внедрении

127081, Россия, г. Москва,
проезд Дежнёва,
д. 38А, офис 4в

АКТ

о внедрении результатов диссертационного исследования

Гиеванова Максима Владимировича на тему:

«Разработка метода организации ремонтно-строительных проектов общественных зданий как элемента управления их жизненным циклом»

Настоящий акт подтверждает, что результаты диссертационного исследования Гиеванова М.В. «Разработка метода организации ремонтно-строительных проектов общественных зданий как элемента управления их жизненным циклом» внедрены в деятельность организации ООО «Альфа Строй».

В рамках внедрения применены:

- метод организации ремонтно-строительных проектов общественных зданий как элемента управления их жизненным циклом;
- разработанная математическая модель оценки вероятности выполнения работ в заданные сроки;
- концептуальная модель базы данных и программный комплекс.

Метод организации был использован при анализе реализованных ремонтно-строительных проектов, а также при планировании и выполнении новых ремонтно-строительных работ. В результате внедрения обеспечено снижение производственных рисков и повышение точности прогнозирования сроков выполнения ремонтно-строительных работ.

По результатам практического применения методики уровень организационно-технологической надежности составил 93,5%. Фактическая продолжительность выполнения работ сократилась на 13-15%.

Экономический эффект от внедрения составил 456000 рублей.

Разработанные рекомендации приняты к дальнейшему применению в деятельности ООО «Альфа Строй».

Генеральный директор ООО «Альфа Строй»
Юшков А.А.



ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Справка о внедрении

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ивановский государственный политехнический университет»



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по образовательной
деятельности ФГБОУВО «ИВГПУ»
д-р техн. наук, профессор
Матрохин А.Ю.
«01» 04 2026 г.



Справка

о внедрении в учебный процесс результатов диссертационной работы
Гневанова Максима Владимировича
на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 2.1.14 – «Управление жизненным
циклом объектов строительства»


Результаты диссертационной работы соискателя кафедры организации производства и городского хозяйства Гневанова М.В. на тему «Разработка метода организации ремонтно-строительных проектов общественных зданий как элемента управления их жизненным циклом» внедрены в учебный процесс студентов направления 08.03.01 «Строительство» (бакалавров профиля «Экспертиза и управление недвижимостью») и 08.04.01 «Строительство» (магистрантов магистерской программы «Управление проектами в строительстве и ЖКХ») на основании рекомендации кафедры ОПГХ Ивановского государственного политехнического университета.

К основным результатам диссертационной работы, используемым в учебном процессе, относятся следующие: блок-схема организации ремонтно-строительных работ общественных зданий, структура взаимосвязанных классификаторов для организации и управления ремонтно-строительными проектами, математическая модель оценки вероятности выполнения ремонтно-строительных работ в заданные сроки и алгоритм формирования рациональных решений при организации ремонтно-строительных проектов, основанный на анализе больших данных.

Указанные результаты включены в рабочие учебные программы следующих дисциплин:

- Инвестиционно-строительный инжиниринг;
- Техническая эксплуатация и ремонт объектов недвижимости;
- Контроль технического состояния объектов недвижимости.

Директор института
Архитектуры, строительства
и транспорта, к.т.н., доцент
«03» 04 2026 г.

 Е.П. Кормашова

ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации программы для ЭВМ
№ 2025689179

**Программное обеспечение методики организации
ремонтно-строительных работ общественных зданий в
течение жизненного цикла**

Правообладатели: *Гневанов Максим Владимирович (RU),
Опарина Людмила Анатольевна (RU)*

Авторы: *Гневанов Максим Владимирович (RU), Опарина
Людмила Анатольевна (RU)*

Заявка № **2025687884**
Дата поступления **15 октября 2025 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ **27 октября 2025 г.**



*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Ю. С. Зубов