

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, заведующей кафедрой строительного производства ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)» Тускаевой Залины Руслановны на диссертационную работу Поповой Ольги Николаевны «Методология организационно-технологического проектирования комплексного ремонта жилищного фонда на основе методов машинного обучения», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.7 – Технология и организация строительства.

На рассмотрение представлена диссертационная работа Поповой О.Н., общим объёмом 358 страниц, состоящая из введения, семи глав основного содержания, заключения, восьми приложений и библиографического списка, включающего 255 наименований.

### **Актуальность**

Актуальность диссертационного исследования обусловлена значительными проблемами в системе управления капитальным ремонтом многоквартирного жилищного фонда Российской Федерации, что порождает необходимость решения комплекса взаимосвязанных социальных, экономических и технических задач на государственном уровне.

Социально-экономическая значимость определяется прямым влиянием состояния жилищного фонда на качество жизни десятков миллионов граждан. Нерациональное использование ограниченных финансовых ресурсов фондов капитального ремонта ведет к невыполнению необходимых восстановительных работ, прогрессирующей деградации жилищного фонда и, как следствие, к росту социальной неудовлетворенности. Низкая эффективность системы подрывает доверие граждан к институтам управления общим имуществом и создает системные риски в жилищно-коммунальной сфере.

Технико-эксплуатационная значимость обусловлена моральным и методологическим устареванием действующей системы. Основанная на принципах планово-профилактической эксплуатации и жестких нормативных сроках, разработанных для условий плановой экономики и единого собственника, эта система демонстрирует свою несостоятельность в современных рыночных реалиях. Такой подход игнорирует реальную динамику износа конкретных конструктивных элементов, что приводит к двум негативным сценариям: 1) проведению дорогостоящих работ на элементах с достаточным остаточным ресурсом; 2) запоздалому реагированию на аварийное состояние критически важных элементов. В результате, формируется замкнутый круг неэффективного распределения средств и накопления дефектов.

Нормативно-методическая значимость подтверждается наличием системного пробела в регулировании. На практике наблюдается дублирование и противоречие между устаревшими ведомственными строительными нормами

(ВСН), которые продолжают применяться для оценки износа, и современными сводами правил (СП). Отсутствуют стандартизированные, пригодные для алгоритмизации методы количественной оценки технического состояния для целей массового планирования, а также нормативные регламенты для реализации предупредительного подхода в рамках региональных программ. Это делает существующую систему проектирования ремонта реактивной, слабо формализованной и неприспособленной для работы с большими данными.

Технологическая и цифровая значимость связана с существенным отставанием этапа эксплуатации от общих тенденций цифровизации строительного комплекса. В то время как, технологии информационного моделирования (ТИМ) активно внедряются на стадиях проектирования и строительства, этап эксплуатации характеризуется острым дефицитом структурированных данных, слабой интеграцией с государственными информационными системами (ГИС ЖКХ) и отсутствием инструментов прогнозной аналитики. Возникающий «информационный вакуум» блокирует возможность принятия обоснованных управленческих решений на всех уровнях.

Таким образом, разработка новой методологии, основанной на процессно-системном подходе, алгоритмах машинного обучения для анализа объективных данных и глубокой интеграции с цифровыми платформами, представляет собой не только актуальную научную задачу, но и насущную практическую необходимость для преодоления системных проблем в области капитального ремонта. Исследование направлено на создание технологического фундамента для перехода к экономически эффективной, безопасной и прозрачной модели управления жизненным циклом жилищного фонда, что полностью соответствует стратегическим целям государственной политики в сфере жилищно-коммунального хозяйства, цифровой трансформации и повышению качества городской среды.

### **Структура и содержание работы**

Диссертация представляет собой законченное научное исследование, структурно организованное в виде семи последовательных глав, логически раскрывающих тему от постановки проблемы до разработки и апробации комплексного решения.

**Введение** содержит обоснование актуальности темы, формулировку цели, задач, объекта и предмета исследования, научной гипотезы, методологии, формулировку положений, выносимых на защиту, а также определяет научную новизну, теоретическую и практическую значимость.

**Глава 1.** Теоретические и организационно-технологические основы капитального ремонта жилищного фонда выполняет функцию аналитического фундамента. В ней проведён сравнительный анализ теоретических основ и типов технической эксплуатации, систематизирован отечественный исторический и нормативный опыт организационно-технологического проектирования. На основе данных ГИС ЖКХ выполнен анализ технического состояния жилищного фонда России и Архангельской области. Исследована современная организация и система инвестиционно-строительного

планирования капитального ремонта, выявлены её системные противоречия и недостатки. Выводы главы концентрируют ключевые проблемы и формулируют задачи для научного поиска.

**Глава 2.** Научные основы методологии организационно-технологического проектирования комплексного предупредительного ремонта жилищного фонда посвящена формированию методологического базиса. Проанализированы теоретические основы системного и процессного управления. Разработана ключевая для исследования концепция процессно-системного подхода к проектированию ремонта на основе информационного моделирования, противопоставленная классическому системно-процессному подходу. Проведён анализ понятия, нормативных требований и отраслевой практики организационно-технологического проектирования, сформулирована общая методология. Выводы главы резюмируют разработанные научные основы.

**Глава 3.** Методический аппарат организационно-технологического проектирования комплексного ремонта формирует инструментарий для реализации методологии. Разработана система многокритериальной поэлементной оценки технического состояния на основе унифицированных признаков. Предложена декомпозиция системы элементов жилого здания для целей проектирования. Введено и формализовано понятие «конструктивно-технологическое решение ремонта» (КТРр) как связующего звена между состоянием элемента и проектом работ. Выводы главы подводят итоги создания методического аппарата.

**Глава 4.** Разработка метода организационно-технологического проектирования ремонта на основе машинного обучения обосновывает переход к современным методам анализа данных. Исследованы возможности методов машинного обучения в задачах эксплуатации, обоснован подход к выбору алгоритмов. Разработан комбинированный алгоритм машинного обучения (SOM и Random Forest) для анализа взаимосвязей «дефекты–работы–стоимость». Выводы главы подтверждают корректность предложенного метода.

**Глава 5.** Разработка методики организационно-технологического проектирования комплексного ремонта жилищного фонда представляет практическую реализацию. Детально описана пошаговая методика организационно-технологического проектирования на основе комбинированного алгоритма. Проведена апробация методики на реальных объектах жилищного фонда г. Архангельска с количественной оценкой эффективности. Представлена адаптация методики для задач энергоэффективного капитального ремонта. Выводы главы подтверждают работоспособность и эффективность методики.

**Глава 6.** Разработка методики инвестиционно-строительного планирования комплексного капитального ремонта жилищного фонда решает задачу оптимизации на макроуровне. Предложен алгоритм оптимизации распределения средств фонда методом динамического программирования. Разработана фазово-логистическая модель прогнозирования изменения технического состояния и стоимости ремонта. Создан алгоритм оптимизации

плана ремонта на основе этой модели. Дана оценка эффективности всей методологии при реализации региональных программ.

**Глава 7.** Информационное моделирование и цифровая трансформация процессов эксплуатации жилищного фонда определяют пути внедрения и развития. В главе обоснованы роль цифровизации и информационного моделирования на этапе эксплуатации. Разработаны принципы создания типовых эксплуатационных цифровых информационных моделей (ЭЦИМ). Определены этапы использования ЭЦИМ в организационно-технологическом проектировании. Предложена архитектура интеграции цифровых решений в информационную систему эксплуатации (ГИС ЖКХ). Выводы главы подводят итоги по цифровой направленности выполненной работы.

Заключение содержит итоговое обобщение результатов исследования, подтверждает выполнение поставленных задач и достижение цели.

Диссертация дополнена списком литературы, включающим 255 наименований, восемь приложений со вспомогательными материалами в виде схем, классификаций, таблиц критериев, алгоритмов и актов внедрения.

Представленная структура обеспечивает последовательное и полное раскрытие темы, демонстрируя путь от анализа проблемы через теоретическое обоснование и создание инструментария к практической реализации и доказательству эффективности предложенных решений.

### **Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций**

**Достоверность** научных положений, выводов и рекомендаций диссертации базируется на методологической строгости, достигнутой применением адекватного набора методов – от системного анализа и формализации до математического моделирования и алгоритмов машинного обучения. Убедительность подтверждается широтой и репрезентативностью доказательной базы, включающей анализ нормативно-технической документации, статистические данные ГИС ЖКХ, материалы натурных обследований и сведения о реализации региональных программ. Дополнительную верификацию обеспечивает проверка предложенных моделей и алгоритмов методами компьютерного моделирования. Таким образом, совокупность и взаимодополнение теоретической обоснованности, эмпирической проверки и практического подтверждения формирует прочное основание для утверждения о высокой степени достоверности всех представленных в диссертации результатов.

**Научная новизна** диссертационной работы определяется совокупностью оригинальных теоретических и методических решений, впервые разработанных и обоснованных автором для решения проблемы повышения эффективности капитального ремонта жилищного фонда.

Разработана целостная методология организационно-технологического проектирования предупредительного комплексного ремонта, обеспечивающая переход от нормативно-срочного подхода к подходу, основанному на

объективной количественной оценке технического состояния каждого элемента здания.

Существенным теоретическим вкладом является разработка и обоснование концепции процессно-системного подхода к управлению на этапе эксплуатации, который методологически противопоставлен классическому системно-процессному подходу, применяемому на стадиях создания объекта. Это позволило адекватно описать динамику изменения свойств строительных элементов под воздействием эксплуатационных и ремонтных процессов.

В рамках методологии созданы и формализованы оригинальные инструменты и модели. К ним относятся: система унифицированных критериев для многопараметрической поэлементной оценки состояния; концепция «конструктивно-технологического решения ремонта» как ключевого элемента проектирования; комбинированный алгоритм машинного обучения (SOM и Random Forest), специально адаптированный для анализа связей в системе «дефект-решение-стоимость»; а также прогнозно-оптимизационная модель, интегрирующая фазово-логистические зависимости и метод динамического программирования для планирования на уровне региона.

Новизна также заключается в научно-методическом обосновании путей цифровой трансформации процессов эксплуатации, выраженная разработкой принципов построения эксплуатационных цифровых информационных моделей (ЭЦИМ) и архитектурой их интеграции в отраслевую информационную систему.

Таким образом, научная новизна работы носит комплексный характер и проявляется на концептуальном, методическом и инструментальном уровнях, внося значительный вклад в развитие теории и практики управления жизненным циклом объектов капитального строительства.

#### **Степень обоснованности научных положений**

Высокая степень обоснованности научных положений и выводов диссертации достигнута за счет их комплексного подтверждения на теоретическом, практическом и экспертно-апробационном уровнях.

#### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в развитии научных основ организационно-технологического проектирования применительно к этапу эксплуатации и ремонта объектов капитального строительства. Автором сформирована новая методологическая концепция, интегрирующая принципы системного анализа, процессного управления жизненным циклом и современные методы обработки данных. Работа вносит существенный вклад в теорию управления строительными объектами на этапе эксплуатации, предлагая формализованный аппарат для перехода от нормативно-срочных подходов к планированию, основанному на объективной количественной оценке фактического технического состояния элементов здания. Сформулированные в работе понятийный аппарат и структурные модели создают фундамент для нового научно-практического направления, находящегося на стыке строительной инженерии и технологий анализа данных (data science).

Практическая значимость исследования подтверждена результатами внедрения. Разработанные методики и алгоритмы позволяют автоматизировать процессы обследования, формирования дефектных ведомостей, выбора оптимальных конструктивно-технологических решений и расчета сметной стоимости ремонтных работ. Внедрение предложенных решений в практику управляющих и строительно-монтажных организаций г. Архангельска позволило получить измеримый экономический эффект, включая снижение трудозатрат на подготовку проектной документации и повышение обоснованности планов ремонта.

Особую практическую ценность представляет предложенная автором концепция интеграции эксплуатационных цифровых информационных моделей (ЭЦИМ) жилых зданий с государственной информационной системой жилищно-коммунального хозяйства (ГИС ЖКХ). Данный подход обеспечивает создание единого централизованного цифрового контура для сбора, актуализации и анализа данных о техническом состоянии всего жилищного фонда. Это является не только технологически обоснованным, но и единственно прагматичным путем формирования «цифровой вертикали» управления объектами капитального строительства на региональном и федеральном уровне. Внедрение такой системы позволит перейти от реактивного управления к предупредительному, создать прозрачный и контролируемый механизм планирования и расходования средств фондов капитального ремонта, а также обоснованно ранжировать объекты по степени необходимости ремонтного вмешательства. Таким образом, работа обладает высоким потенциалом тиражирования и может служить методической основой для цифровой трансформации всей системы технической эксплуатации и ремонта жилищного фонда Российской Федерации.

#### **Оценка содержания диссертации**

Сформулированные автором выводы адекватно и полно отражают основные научные и практические результаты выполненного исследования. Структура и содержание автореферата полностью соответствуют материалам диссертационной работы и достоверно раскрывают ее основное содержание, научную новизну и значимость.

#### **Публикации, отражающие содержание диссертационной работы**

Основные положения и результаты диссертационного исследования нашли отражение в научной печати. По теме диссертации автором опубликовано 40 научных работ, среди которых: 11 статей в рецензируемых научных журналах, входящих в Перечень ВАК; 13 статей в изданиях, индексируемых в международных реферативных базах данных Scopus и Web of Science.

Данный объем и качество публикаций соответствуют установленным требованиям для диссертаций на соискание ученой степени доктора технических наук.

#### **Основные вопросы и замечания по диссертационной работе**

1. Анализ, проведенный в работе, выявил ключевое противоречие системы: рассредоточенная финансовая ответственность собственников и централизованное планирование регионального оператора. Однако не совсем

ясно, как разработанная методология, особенно в части алгоритмов оптимизации, позволяет снять это противоречие? В частности, меняет ли она баланс полномочий или лишь предоставляет оператору более совершенный инструмент для принятия решений в существующей парадигме?

2. Требуется пояснения вопрос: как в рамках предложенной цифровой платформы эксплуатационных цифровых информационных моделей и государственной информационной системой жилищно-коммунального хозяйства будет организовано взаимодействие с подрядными организациями?

3. Не достаточно ясно, предусмотрены ли механизмы автоматического формирования технических заданий, основанных на цифровой модели дефектов и выбранных конструктивно-технологических решениях ремонта?

4. Предлагая интеграцию эксплуатационных цифровых информационных моделей с государственной информационной системой жилищно-коммунального хозяйства необходимо детализировать технические и организационные шаги для сопряжения разрабатываемых моделей состояний с другими государственными информационными ресурсами (для верификации смет, систем учета объектов капитального строительства, для прослеживания полного жизненного цикла).

4. Трёхфазовая логистическая модель для прогноза износа и затрат требует для своей калибровки исторических данных по затратам на содержание и ремонт для каждого типа элемента. Следует пояснения вопрос связанный с алгоритмом действий для регионов или управляющих организаций, у которых такая детализированная статистика в машиночитаемом виде отсутствует. Остается неясным вопрос о возможно использование типовых (эталонных) кривых износа для начального этапа внедрения.

5. Конструктивно-технологические решения ремонта представлены как формализованная связь между состоянием элемента и работами. Не совсем ясно, кто и на каком этапе должен формировать и актуализировать библиотеку таких решений. Предполагается ли создание отраслевого (федерального) классификатора конструктивно-технологических решений ремонта, или этот инструмент должен разрабатываться на уровне региона/управляющей организации?

6. Требуется пояснения вопросы: как критерии энергоэффективности (например, целевой класс энергетической эффективности, удельный расход энергии) формально включаются в многокритериальную оптимизационную модель распределения средств фонда (согласно главе 6)? Меняется ли приоритет объекта в программе, если помимо безопасности и износа, рассматривается потенциал снижения эксплуатационных расходов после проведения энерго модернизации? Предусмотрена ли оценка жизненного цикла затрат для таких мероприятий?

### **Заключение**


В целом ознакомление с диссертационной работой Поповой О.Н. оставляет положительное впечатление о научной и практической ценности работы, несмотря на указанные выше замечания.

Считаю, что представленная диссертационная работа является самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой на актуальную тему, содержащей научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся новизной.

Диссертационная работа «Методология организационно-технологического проектирования комплексного ремонта жилищного фонда на основе методов машинного обучения», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.7 «Технология и организация строительства», соответствует всем критериям, установленным в Положении о присуждении ученых степеней (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842). Автор работы, Попова Ольга Николаевна, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.7 – Технология и организация строительства.

**Официальный оппонент,**

доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», заведующая кафедрой строительного производства,

 16.02.2016 /Тускаева Залина Руслановна

Индекс, почтовый адрес места работы: 362021, Россия, Республика Северная Осетия – Алания г. Владикавказ, ул. Николаева, д. 44

Номер телефона и электронный адрес: +7 918 831-40-08, e-mail: [tuskaevazalina@yandex.ru](mailto:tuskaevazalina@yandex.ru)

Подпись Тускаевой З.Р. удостоверяю:

Подпись Тускаевой З.Р. удостоверяю  
Ученый Секретарь Ученого Совета (СКГМИ(ФТУ))



  
Беликова Светлана  
Борисовна 16.02.2016