

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, заведующего кафедрой Испытания сооружений ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» Топчего Дмитрия Владимировича 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.

1. Актуальность темы

Актуальность диссертационного исследования Поповой О.Н. носит системный и высоко практический характер, обусловленный критическим противоречием в сфере управления жилищным фондом. С одной стороны, существует объективная необходимость в обеспечении безопасности и сохранности физически изношенных многоквартирных домов, что подтверждается данными ГИС ЖКХ. С другой стороны, действующая модель планирования капитального ремонта, основанная на устаревшем планово-профилактическом подходе, демонстрирует низкую эффективность в условиях децентрализованного финансирования и ведет к нерациональному расходованию ограниченных средств собственников. Это противоречие усугубляется фрагментарностью и несовершенством нормативно-технической базы, которая не предоставляет унифицированных, алгоритмизируемых методов для объективной оценки состояния и приоритизации объектов. В этой связи разработка новой методологии, реализующей переход к предупредительному, основанному на данных управлению через интеграцию процессно-системного подхода, методов машинного обучения и информационного моделирования, является не просто научной задачей, а практической необходимостью. Она напрямую отвечает стратегическим целям цифровой трансформации отрасли и направлена на преодоление ключевого системного дефекта, препятствующего эффективному использованию ресурсов на капитальный ремонт.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность научных положений, выводов и практических рекомендаций, сформулированных в диссертации, является высокой и обеспечивается соблюдением принципа системности на всех этапах исследования. Каждое утверждение и предложенный методический инструментарий базируются на последовательном анализе эволюции нормативно-технического регулирования в области эксплуатации и ремонта жилищного фонда, критической оценке действующих регламентов (включая ВСН, СП, ГОСТы и положения Градостроительного и Жилищного кодексов), а также на обработке значительных массивов актуальных данных о техническом состоянии объектов, полученных из ГИС ЖКХ и материалов натуральных обследований.

Логическая стройность и непротиворечивость выводов достигается за счет интеграции междисциплинарных подходов, сочетающих теорию системного и процессного управления, принципы строительного материаловедения и диагностики конструкций, методы инвестиционно-строительного планирования и современный аппарат анализа данных и машинного обучения. Такой комплексный методологический базис исключает субъективность, обеспечивает взаимную верификацию результатов, полученных различными способами, и формирует целостную, внутренне согласованную конструкцию работы, все элементы которой – от теоретической концепции до алгоритмов оптимизации – логически вытекают друг из друга и подтверждаются как расчетно-аналитическими процедурами, так и практической апробацией.

3. Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность представленных в работе научных положений, выводов и практических рекомендаций обеспечена комплексом взаимодополняющих факторов. В основу исследования положена масштабная и репрезентативная эмпирическая база, включающая не только вторичные данные государственной статистики и мониторинга (ГИС ЖКХ), но и первичные материалы, характерные для практической деятельности в сфере эксплуатации: акты технического обследования, дефектные ведомости, проектно-сметную документацию по капитальному ремонту, архивные данные обследований. Такой состав информационной базы обеспечивает не только количественную, но и качественную глубину анализа, позволяя устанавливать причинно-следственные связи между зафиксированными дефектами, проектными решениями и фактическими затратами. Непосредственная практическая апробация разработанных методических решений в условиях реальной эксплуатации жилищного фонда с последующим количественным измерением достигнутого эффекта (снижение трудозатрат на обследование, оптимизация выбора технологических решений) служит прямым доказательством их обоснованности и работоспособности. Глубокое понимание автором технологических, организационных и нормативных проблем капитального ремонта, продемонстрированное в ходе анализа и синтеза материалов, обеспечивает высокий уровень убедительности выводов и определяет их непосредственную практическую ценность для совершенствования отраслевых процессов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

- Впервые разработана методология организационно-технологического проектирования комплексного предупредительного ремонта жилищного фонда, обеспечивающая переход от нормативно-профилактического (срочного) планирования к адресному, основанному на поэлементной оценке фактического технического состояния.
- Сформулирована и обоснована концепция процессно-системного подхода к управлению на этапе эксплуатации, преодолевающая ограничения действующего системно-процессного подхода Классификатора строительной информации (КСИ) и позволяющая моделировать динамику

изменения свойств объекта под воздействием процессов износа и восстановления.

- Создана система формализованных критериев для многопараметрической количественной оценки технического состояния строительных элементов, пригодная для алгоритмической обработки данных.
- Предложен комбинированный алгоритм машинного обучения (SOM + Random Forest) для автоматизации анализа взаимосвязей «дефекты-работы-стоимость» и формирования оптимальных конструктивно-технологических решений ремонта.
- Адаптирована методика проектирования для задач энергоэффективности, позволяющая интегрировать критерии энергосбережения в процесс оценки состояния и планирования модернизации зданий.
- Разработана методика инвестиционно-строительного планирования на основе трёхфазной (логистической) модели прогнозирования износа и метода динамического программирования для оптимизации распределения средств регионального фонда капитального ремонта.
- Определены требования к эксплуатационным цифровым информационным моделям (ЭЦИМ) и принципы их интеграции в государственную информационную систему ЖКХ, создающие цифровую основу для реализации методологии.

4. Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость исследования заключается в развитии научных основ организационно-технологического проектирования на этапе эксплуатации объектов капитального строительства, внося вклад в теорию управления их жизненным циклом. Работа закладывает методологическую базу для нового направления, интегрирующего принципы системного управления строительными объектами с современными методами анализа данных и машинного обучения.

Практическая значимость подтверждена актами внедрения и обладает высоким потенциалом для масштабирования на уровне субъектов Российской Федерации. Разработанные методики позволяют осуществлять технико-экономическое обоснование ремонтных мероприятий на основе объективной количественной оценки состояния элементов, обеспечивая целевое и прозрачное использование средств региональных фондов капитального ремонта. Особую ценность представляет предложенная автором архитектура интеграции эксплуатационных цифровых информационных моделей (ЦИМ) в государственную информационную систему жилищно-коммунального хозяйства (ГИС ЖКХ). Данное решение формирует единый цифровой контур для сбора, актуализации и анализа данных об объектах, что является необходимым условием для создания эффективной и управляемой системы планирования ремонтов в масштабах региона.

5. Оценка содержания диссертации и ее завершенности

Во введении лаконично и точно сформулированы все элементы научного исследования: от убедительного обоснования актуальности до перечня положений, выносимых на защиту, что задает высокий стандарт всему исследованию.

В первой главе проведен исчерпывающий критический анализ, который не просто фиксирует проблемы, но и выявляет их системные причины. Глубокое знание автором проблематики капитального ремонта проявляется в детальном анализе нормативно-правовой и нормативно-технической базы, демонстрирующем ее эволюцию от ведомственных строительных норм (ВСН) советского периода, ориентированных на планово-профилактическую эксплуатацию при едином собственнике, к современным сводам правил (СП) и законодательным актам, регулирующим рыночные отношения при множестве субъектов. Этот анализ выявляет ключевые коллизии: дублирование и противоречия между документами разных эпох, отсутствие технических регламентов для предупредительного планирования, а также фундаментальное несоответствие между требованиями детального обследования (например, по ВСН 53-86(р)) и исключением сплошного обследования из перечня работ в современных региональных программах (на примере постановления Правительства Архангельской области № 349-пп).

Отдельное внимание уделено подробной структуре современной системы капитального ремонта, установленной Разделом IX ЖК РФ. Автором детально показано, как распределение функций между федеральными органами, субъектом РФ, региональным оператором, собственниками и управляющими организациями создает сложную архитектуру взаимодействия. Именно эта структура в современных условиях оказывает критическое влияние на возможность организации и инвестиционно-строительного планирования региональных программ. Многочисленность участников, разграничение их функций и полномочий, а также различный доступ к информации о техническом состоянии объектов порождают системное противоречие. С одной стороны, на уровне эксплуатирующей организации теоретически возможен индивидуальный, поэлементный подход к планированию ремонта конкретного дома. С другой стороны, задача регионального оператора – сформировать единый, массовый план на весь фонд, опираясь зачастую не на детальную диагностику, а на усредненные показатели и финансовую дисциплину собственников. Коллизия заключается в необходимости соединить множество индивидуальных подходов, основанных на реальном состоянии, в один обоснованный план на уровне региона, что до сих пор является нерешенной задачей массового планирования.

Во второй главе заложен прочный концептуальный фундамент. Разработка авторской процессно-системной концепции и соответствующей методологии проектирования демонстрирует умение автора синтезировать сложные теоретические конструкции для решения прикладных задач. Особое внимание уделено интеграции организационно-технологического проектирования в систему информационного моделирования зданий на этапе эксплуатации.

Автором выявлен и устранен концептуальный пробел в существующем Классификаторе строительной информации (КСИ), который фиксирует статические характеристики объектов, заложенные при создании. Для этапа эксплуатации предложено перейти к моделированию динамически изменяющихся свойств конструктивных элементов, на которые воздействуют процессы эксплуатационной деградации и восстановительного ремонта. Таким образом, в информационную модель на этапе эксплуатации должны быть включены не только сведения об архитектурно-конструктивных особенностях, но и данные об изменяющемся техническом состоянии, выраженные через динамические свойства.

На этой основе представлен детальный, сложный, многокритериальный алгоритм организационно-технологического проектирования, состоящий из четырех этапов (учет, оценка, проектирование, планирование), который должен быть реализован для каждого жилого здания. Алгоритм учитывает специфику системы капитального ремонта, включая нормативно-правовые и технические регламенты. Через предложенное изменение структуры информации в КСИ (введение динамических «свойств» в категорию «Результат») автор информационно моделирует процесс капитального ремонта именно как «процесс в системе», где процессы эксплуатации и ремонта изменяют свойства элементов системы (здания).

Третья глава является логическим продолжением и инструментальной реализацией методологии второй главы. Создан эффективный методический аппарат. Введение и формализация понятия «конструктивно-технологическое решение ремонта» (КТРр) является ключевым шагом к алгоритмизации, так как это понятие выступает связующим звеном между выявленным дефектом (состоянием) и практическим проектом работ. Разработанная система унифицированных характеристик (свойств) технического состояния строительных элементов напрямую связывается через КТРр с процессами – конкретными работами капитального ремонта, их видами и объемами. Такой подход позволяет смоделировать декомпозицию информационной системы здания на этапе эксплуатации, где основным элементом, наряду с компонентами, становятся процессы ремонта, учитывающие действующие нормативные документы.

Четвертая глава представляет одну из сильнейших сторон работы – применение современного математического аппарата. Обоснование выбора, разработка и описание комбинированного алгоритма машинного обучения (самоорганизующиеся карты Кохонена – SOM и случайный лес – Random Forest) выполнены на высоком профессиональном уровне. Именно этот механизм является техническим решением, позволяющим реализовать сложный многокритериальный алгоритм организационно-технологического проектирования, представленный во второй главе, в условиях массовых программ. Сущность подхода заключается в автоматизации процесса на основе формирования больших баз данных в машиночитаемом виде, содержащих унифицированные количественные показатели свойств элементов и параметры соответствующих ремонтных работ (виды, объемы,

стоимость). Таким образом, возможности современных методов машинного обучения впервые позволяют решить ранее нерешаемую задачу автоматизации процессов проектирования ремонта на основе больших данных, создавая основу для интеллектуальной системы поддержки принятия решений.

В пятой главе детализированы практические методики, построенные на основе предложенного алгоритма. Представлена подробная схема обработки данных, обеспечивающая повторяемость методики. Важным разделом является ее адаптация для задач энергоэффективного ремонта. Апробация на реальных объектах жилищного фонда г. Архангельска, с использованием представленных в приложениях обработанных данных, подтверждает не только работоспособность, но и экономическую эффективность предложенных инструментов, демонстрируя снижение затрат и повышение обоснованности решений.

В шестой главе решена ключевая задача экономического и временного обоснования ремонтных циклов. Автором критически оценен традиционный способ прогнозирования изменения технического состояния на основе теоретического построения логистической кривой износа, указана его невозможность в условиях неопределенности, вызванной переменным темпом деградации и периодическими восстановительными воздействиями. В качестве решения предложен новый способ: идентификация момента необходимости ремонта не по абсолютному проценту износа, а на основе анализа изменения фазы логистической кривой (переход от фазы медленного роста к фазе ускоренного износа), что может быть выявлено ретроспективно по историческим данным о затратах на содержание. Трехфазовая модель, интегрированная с алгоритмом динамического программирования для оптимизации распределения бюджета, представляет собой заверченный и эффективный инструмент для инвестиционно-строительного планирования в условиях ограниченных ресурсов.

Седьмая глава («Информационное моделирование и цифровая трансформация процессов эксплуатации жилищного фонда») определяет пути практического внедрения всей методологии в массовую практику. В ней показаны способы сбора информации и контроля процесса капитального ремонта на основе цифровых документов. Автором разработаны принципы создания типовых эксплуатационных цифровых информационных моделей (ЭЦИМ), определены этапы использования ЭЦИМ в организационно-технологическом проектировании и предложена архитектура интеграции цифровых решений в государственную информационную систему ЖКХ (ГИС ЖКХ).

В заключении четко и структурированно подведены итоги, соотнесенные с целью и задачами, что свидетельствует о логической завершенности всего исследования.

В приложениях представлены ценные вспомогательные материалы (акты внедрения, таблицы унифицированных критериев, детальные алгоритмы расчетов), которые существенно укрепляют доказательную базу работы и демонстрируют высокую степень ее практической проработки.

Содержание и структура построения автореферата полностью соответствуют диссертации и отражают её основные результаты.

6. Личный вклад соискателя

Личный вклад автора заключается в самостоятельной разработке и теоретическом обосновании процессно-системного подхода к организационно-технологическому проектированию капитального ремонта, а также в создании и практической апробации комбинированного алгоритма машинного обучения и оптимизационных моделей, реализующих данный подход. Все ключевые положения, методики и результаты, представленные в диссертации, получены автором самостоятельно и подтверждены актами внедрения.

7. Публикации

Публикационная активность автора соответствует требованиям ВАК. Наличие 11 статей в журналах Перечня ВАК и 13 работ, индексируемых в Scopus и Web of Science, подтверждает признание результатов научным сообществом и их международную апробацию.

8. Основные вопросы и замечания по диссертационной работе

- 1) Как предложенная методология и, в частности, технология сплошного поэлементного обследования, соотносится с недавно введенным СП 547.1325800.2025 «Здания жилые многоквартирные. Правила установления необходимости проведения капитального ремонта»? Каковы точки соприкосновения и потенциальные противоречия между новой методикой и этим сводом правил, особенно в части критериев и методов оценки состояния?
- 2) Исходя из Функциональной блок-схемы алгоритма организационно-технологического проектирования (Рисунок 38), на первом этапе («Учет и обследование») требуется формирование массива данных. Какие конкретно документы (дефектные ведомости, акты, формы), методы инструментального контроля и методики обследования Вы рекомендуете для массового применения на этом этапе, чтобы обеспечить необходимую для алгоритмов машинного обучения детализацию и достоверность входных данных?
- 3) В работе предложено развитие Классификатора строительной информации (КСИ) через введение динамических «свойств» элементов. Каков практический путь трансформации от этой концептуальной модели к рабочей цифровой информационной модели (ЦИМ/ЭЦИМ)? Какие классы, атрибуты и связи должны быть добавлены в схему данных (ВМ-схему) для оперативного учета изменяющихся свойств, и как обеспечивается совместимость с существующими отраслевыми стандартами?
- 4) Разработка и обучение комбинированной модели машинного обучения (SOM + Random Forest) для каждого региона или типа застройки требуют значительных вычислительных ресурсов и подготовленных данных.

Насколько целесообразна и трудоемка первичная настройка и последующая поддержка такой системы для типичного субъекта РФ? Предусмотрены ли в методологии упрощенные подходы или эталонные модели для начального внедрения?

- 5) Предложенная система унифицированных критериев оценки состояния позиционируется как основа методологии. Должна ли эта база критериев и признаков дефектов быть единой (федеральной) для обеспечения сопоставимости данных по всей стране, или допустима/необходима ее адаптация под региональные особенности (климат, преобладающие материалы, типовые серии)? Каков механизм утверждения и актуализации такой базы?
- 6) В разделе, посвященном энергоэффективности, указана адаптация методики для учета энергосберегающих мероприятий. Каким конкретно образом критерии энергоэффективности (например, класс энергетической эффективности, удельный расход тепловой энергии) интегрируются в многокритериальную оценку и оптимизационную модель планирования ремонта? Меняется ли приоритизация объектов при их учете?
- 7) Перспектива интеграции предлагаемых решений в цифровую вертикаль строительной отрасли (от ЭЦИМ к ГИС ЖКХ) обозначена в главе 7. Каковы конкретные технические и организационные шаги по объединению создаваемых в рамках методологии баз данных о состоянии элементов с уже существующими государственными базами данных об объектах капитального строительства (например, ФГИС ОСК, ГИС ЖКХ)? Как преодолеть проблему разнородности и фрагментированности уже накопленной информации?

9. Заключение по работе

Несмотря на представленные в ходе ознакомления с диссертацией замечания и вопросы дискуссионного характера, проведённое исследование О.Н. Поповой является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержатся решения актуальной научной проблемы, имеющей важное народно-хозяйственное значение для повышения эффективности и развития строительной отрасли.

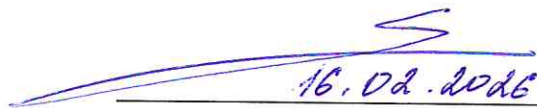
Тема, научные и практические результаты диссертации **полностью соответствуют паспорту научной специальности 2.1.7 «Технология и организация строительства»**, а именно пунктам:

- **П. 9:** «Разработка новых и совершенствование существующих методов организационно-технологического проектирования в строительстве с использованием технологий информационного моделирования на протяжении всего жизненного цикла объекта недвижимости».
- **П. 15:** «Разработка и совершенствование методов планирования и организации инвестиционно-строительной деятельности, развитие методов создания и эксплуатации недвижимости».

Работа выполнена на высоком научном и методическом уровне, обладает внутренним единством и логической целостностью. Она содержит новые, оригинальные научные результаты и положения, выносимые на защиту, что свидетельствует о значительном личном вкладе автора в развитие строительной науки и практики, в том числе на общероссийском и международном уровнях. Выводы, сделанные автором, объективно и точно отражают основные результаты проведенного исследования.

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,
заведующий кафедрой Испытания сооружений
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»,
доктор технических наук, доцент


16.02.2016 / Топчий Дмитрий Владимирович/

Почтовый адрес для контактов: 129337, г. Москва,
Ярославское шоссе, д. 26

Контактные данные: тел. 495-287-49-14*1388,
+7 916 112-21-42, e-mail: 89161122142@mail.ru

Подпись Топчего Д.В. заверяю





Начальник отдела
Кадрового делопроиз-
водства УРП
А. В. ПИНЕГИН

16.02.2016