

DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-12-41-48

Наумов А.Е., *Старченко К.М.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: konstantin.starchenko.99@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОСНОВЕ УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ КООПЕРАЦИИ УЧАСТНИКОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ИНИЦИАТИВНОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к управлению жизненным циклом объектов капитального строительства с использованием управленческой кооперации участников и технологий инициативного вмешательства. Разработана математическая модель квантов информационной модели, учитывающая динамику износа технических систем, их удельный вес и временные факторы. Данная модель позволяет прогнозировать оптимальные моменты для проведения ремонтных работ и модернизации, минимизируя эксплуатационные затраты. Особое внимание уделено применению цифровых инструментов диагностики и интеллектуальных алгоритмов прогнозирования, которые обеспечивают автоматизацию принятия решений и повышение точности оценки технического состояния систем. Предполагается, что внедрение технологий, которые диагностируют процент изношенности компонентов системы, выдавая рекомендации по их обслуживанию в текущий момент времени, снижает как аварийность, так и предотвращает преждевременный износ, продлевая срок их службы. Предлагаемая управленческая кооперация участников способствует эффективному взаимодействию всех задействованных сторон: владельцев, эксплуатационных служб, подрядчиков и регулирующих органов власти. Внедрение предложенных подходов способствует повышению надежности конструктивных элементов, увеличению срока службы их компонентов, постоянной работоспособности технических систем, создавая экономически устойчивые решения, что делает предложенную концепцию перспективным направлением для дальнейших исследований и практического применения в цифровой трансформации строительной отрасли.

Ключевые слова: технологии инициативного вмешательства, кванты информационной модели, цифровые инструменты диагностики, прогнозирование состояния износа, снижение эксплуатационных затрат.

Введение. Современное управление жизненным циклом объектов капитального строительства (ЖЦ ОКС) становится все более сложным процессом, требующим высокой степени координации участников, использования цифровых технологий и адаптивных методов обслуживания технических систем (ТС) [1]. Одной из ключевых задач является минимизация издержек на эксплуатацию и ремонт, сохранение технической надежности и продление срока службы объектов в условиях быстро меняющихся эксплуатационных факторов [2, 3].

С переходом к цифровой трансформации строительной отрасли особое внимание уделяется внедрению методов, направленных на повышение эффективности управления [4, 5]. Концепция управленческой кооперации участников (УКУ) предлагает инновационный подход к взаимодействию между владельцами объектов, эксплуатационными службами, подрядчиками и регуляторами. УКУ базируется на принципах прозрачности, ответственности и интеграции цифровых технологий, что позволяет оптимизировать процессы эксплуатации и обслуживания [6].

Ключевым элементом УКУ является внедрение технологий инициативного вмешательства (ТИВ), которые противопоставляются традиционным технологиям нормативного вмешательства (ТНВ) [7]. ТИВ основываются на использовании цифровых инструментов диагностики (ЦИД) и позволяют проводить ремонтные работы и обслуживание ТС в моменты, когда это действительно необходимо, вместо строгого следования регламентным периодам [3]. Это не только снижает издержки, но и повышает надежность работы ТС, сохраняя оптимальную траекторию их износа [5].

Кроме того, современные подходы, такие как использование технологий информационного моделирования (ТИМ) и аналитических платформ, предоставляют новые возможности для реализации инициативного подхода [5, 8]. Они позволяют организовать постоянный мониторинг состояния ТС, оперативно выявлять проблемы и принимать обоснованные решения о проведении ремонтных работ или модернизации [2].

Настоящая статья посвящена анализу преимуществ управляемческой кооперации участников (УКУ) в рамках ЖЦ ОКС, разработке принципов реализации ТИВ и сравнению их с традиционными ТНВ. Особое внимание уделяется разработке модели управления, ориентированной на минимизацию эксплуатационных издержек и увеличение срока службы ТС в условиях цифровой трансформации строительной отрасли [4, 7].

Данная работа содержит ряд предложений по эффективному управлению жизненным циклом здания с введением авторской терминологии и соответствующими определениями:

Информационная система управления (ИСУ) – это цифровая платформа, объединяющая данные, технологии и управляемческие процессы для мониторинга, диагностики, эксплуатации и оптимизации ТС ОКС на протяжении его жизненного цикла.

Технические средства объекта капитального строительства (ТС ОКС) – это совокупность инженерных, конструктивных и технологических элементов, обеспечивающих функционирование, эксплуатацию и поддержание требуемых характеристик здания или сооружения в течение его жизненного цикла.

Цифровая инструментальная диагностика (ЦИД) – совокупность аппаратно-программных средств и алгоритмов, предназначенных для автоматизированного сбора, анализа, прогнозирования и визуализации данных о состоянии и функционировании ТС ОКС в процессе его эксплуатации.

Процесс эксплуатации объекта строительства (ПЭОС) – мероприятия, направленные на обеспечение функционирования, технического обслуживания, мониторинга и продления срока службы ОКС в соответствии с его назначением, нормативными требованиями и эксплуатационными регламентами.

Кванты информационной модели (КИМ) – элемент ИСУ, представляющий функцию регулирования ТС ОКС, которое возможно благодаря использованию ЦИД и УКУ в непрерывном ПЭОС.

Жизненный цикл квантов информационной модели (ЖЦ КИМ) – это совокупность последовательных стадий существования КИМ, охватывающих процессы их создания, интеграции в ИСУ, эксплуатации, модернизации и вывода из эксплуатации в контексте управления ТС ОКС.

Компоненты квантов информационной модели (ККИМ_i) – это совокупность составляющих ТС ОКС с присвоением идентификаторов ID в соответствии с правилами именования элементов информационной модели по СП

333.1325800.2020, отражающих их индивидуальные характеристики и роль в системе.

Технологии нормативного вмешательства (ТНВ) – это подход к управлению ТС, при котором обследование, ремонтные работы и обслуживание выполняются с фиксированной периодичностью, строго в соответствии с заранее установленными нормативными регламентами и сроками.

Технологии инициативного вмешательства (ТИВ) – это иной подход к управлению ТС, основанный на анализе их текущего состояния с помощью ЦИД и прогнозирования, который позволяет выполнять ремонтные работы или техническое обслуживание только при возникновении реальной необходимости.

Управляемческая кооперация участников (УКУ) – согласованное взаимодействие субъектов, участвующих в процессе эксплуатации ОКС, на основе цифровых технологий, нормативно-правовых регламентов и организационных механизмов, направленных на повышение эффективности управления ЖЦ ОКС.

Функция информационной модели (ФИМ) – интегральная оценка, выражающая состояние объекта управления, моделируемого информационной моделью и моделью управления (связями в информационной модели) по рассматриваемым параметрам (техническое состояние, функциональное состояние, состояния локального нормативного соответствия и т.п.).

Методы, оборудование, материалы. Разработка математической модели управления жизненным циклом технических систем в составе квантов информационной модели (КИМ) является важным шагом для повышения эффективности эксплуатации объектов капитального строительства (ОКС) [4, 5]. Для этого необходимо учитывать динамику износа ТС, изменения состава компонентов КИМ и их взаимосвязь в рамках информационного поля объекта [5].

Функция системы КИМ служит основным инструментом для описания процессов изменения состояния ТС в зависимости от их жизненного цикла [9], а также для прогнозирования моментов, когда требуется проведение ремонтных работ или обновление компонентов [2]. Эта функция должна учитывать влияние износа, удельных весов компонентов в составе системы и временных факторов, что позволяет оценивать динамику изменений и разрабатывать стратегии инициативного вмешательства [7].

Для описания функционирования КИМ в рамках ЖЦ ОКС введем математическую функцию, отражающую динамику изменения состояния компонентов системы во времени. Функция информационной модели объекта строительства

может быть представлена в следующем виде (1) [6]:

$$\PhiIM_{OC} = \sum_{k=1}^{m_1} \sum_{j=1}^{m_2} \sum_{i=1}^{m_3} f(a_n \gamma_n t) \quad (1)$$

где ΦIM_{OC} – Функция информационной модели объекта строительства; k – этапы ЖЦ ОКС; j – количество изменений в составе КИМ; i – число констант функции динамики изменения ККИМ; m_1, m_2, m_3 – информационные поля; n – число ККИМ в составе каждого из рассматриваемых КИМ; a – износ конкретного компонента; γ – удельный вес компонентов, соответствующий доли процентного соотношения от общей стоимости ТС; t – период ЖЦ КИМ.

Данная модель позволяет учитывать изменение параметров КИМ во времени, анализировать состояние их функционального и технического

соответствия, а также прогнозировать возникновение и развитие ситуаций, требующих реакции системы планированием и производством компенсационных мероприятий [3].

Для оценки эффективности различных подходов к управлению ФИМ рассмотрим основные математические тренды, отображающие динамику изменения на жизненном цикле. Таблица 1 иллюстрирует наиболее применимые в техническом прогнозировании математические зависимости, применяемые в конструктивном и эксплуатационном анализе [5]. Системы технической предсказательной аналитики строятся на использовании одиночных или комбинированных трендов, формировать облако возможных компенсационных мероприятий и выбирать оптимальные из них по заданным критериям [4, 5, 7]. В целом, использование частных и комбинированных динамик хорошо идеализирует реальные кусочно-непрерывные процессы развития в обследовании, технической эксплуатации и углеродной оценке объектов строительства, используются рядом авторов [3, 5, 10].

Таблица 1

Графики основных математических трендов

Нейтральная корреляция		Отрицательная корреляция			Положительная корреляция		
Линейный	Гиперболический	Параболический	Линейный	Экспоненциальный	Логарифмический	Линейный	
$\PhiIM = c$	$\PhiIM = \frac{b}{x} + c$	$\PhiIM = -ax^2 + bx + c$	$\PhiIM = -x$	$\PhiIM = ae^x + bx + c$	$\PhiIM = \log_a x + bx + c$	$\PhiIM = bx + c$	

На основании выводов, полученных при анализе динамики ФИМ прогнозируются компенсационные мероприятия, включающие ТНВ и ТИВ, целью планирования которых является рациональное распределение мероприятий и потребляемых ими ресурсов по времени ЖЦ по критерию максимального сохранения выбранной траектории тренда [6, 7].

Преимущества по сравнению с ТНВ, когда обследования ТС и ремонтные работы необходимо проводить с четкой нормированной периодичностью представлены в таблице 2 [2, 8, 11]:

ККИМ представляют собой структурированные элементы, входящие в состав КИМ, и отве-

чающие за формирование цифрового представления технических систем объекта капитального строительства [4, 8, 12]. Каждому ККИМ присваивается уникальный идентификатор (ID), отражающий его назначение, функциональные параметры и взаимосвязи с другими элементами модели [2, 13]. Реестр ККИМ в ИСУ позволяет систематизировать данные о технических средствах, их износе, техническом обслуживании и модернизации [5].

Приведенная таблица 3 демонстрирует возможность систематизации данных о компонентах КИМ в ИСУ, обеспечивая прозрачность эксплуатации мониторинга в ПЭОС на протяжении его ЖЦ [3, 7].

Сравнительная характеристика технологий вмешательства при обслуживании ТС

Характеристика	ТИВ	ТНВ
Гибкость и адаптивность	Проводятся ремонтные работы только при необходимости, учитывая реальное состояние ТС.	Ремонт и обследования выполняются строго по заданной периодичности.
Экономическая эффективность	Исключаются работы, в которых нет необходимости, что снижает затраты и оптимизирует бюджет.	Возможны перерасходы на ненужные работы при удовлетворительном состоянии ТС.
Продление срока службы ТС	Сохраняют оптимальную траекторию износа, предотвращая ускоренную деградацию.	Риск недостаточного или избыточного вмешательства, что может привести к ускоренному износу.
Использование цифровых технологий	Основаны на анализе данных с помощью ЦИД.	Нет необходимости в использовании современных ЦИД, так как принято считать, что износ протекает с линейной зависимостью
Аварийность	Снижается за счет постоянного мониторинга и ТСВ	Риск неожиданных отказов увеличивается между регламентными обследованиями.
Учет реальных условий эксплуатации	Позволяют учитывать изменяющиеся условия эксплуатации (нагрузки, климатические факторы и др.).	Строгое соответствие регламентам, не адаптируясь к возможным изменениям условий эксплуатации.
Экологичность	Снижение отходов за счет минимизации ненужных замен или ремонтов.	Частая замена компонентов может увеличивать объем отходов и ресурсоемкость.
Интеграция в цифровую среду	Интеграция в интеллектуальные системы управления зданием в ПЭОС	Ручное управление в соответствии с дорожной картой ремонтных работ

Таблица 3

Пример предлагаемого структурированного реестра ККИМ в ИСУ

№	КИМ	ТИП ТС ОКС	Идентификатор ID	Функциональное назначение	ЦИД
1	Фундаментная плита	Конструктивные элементы	.../Con_i/Fnd_j	Обеспечение несущей способности и устойчивости здания	Мониторинг нагрузок, датчики деформации
2	Система теплоснабжения	Инженерные системы	.../Eng_i/Heat_j	Отопление помещений	Датчики температуры, расхода теплоносителя, автоматизированные регуляторы
4	Лифт пассажирский	Функциональные устройства	.../Func_i/Elv_j	Вертикальная транспортировка пассажиров	Система диспетчеризации, датчики нагрузки, аварийные сигналы
5	Автоматизированная система пожаротушения	Системы безопасности	.../Scr_i/Fire_j	Обнаружение и тушение пожара в автоматическом режиме	Датчики дыма, тепловые извещатели, система подачи огнетушащего вещества
6	Система солнечной генерации	Энергосберегающие системы	.../Enrg_i/Slr_j	Генерация электроэнергии от солнечных панелей	Датчики интенсивности солнечного излучения, инверторы
7	Система сбора и переработки сточных вод	Экологические системы	.../Eco_i/wtrs_j	Очистка и повторное использование сточных вод	Датчики качества воды, автоматические фильтры

В одном из КИМ, например «Система теплоснабжения», приведем составляющие в него ККИМ_i, которые будут обладать следующими характеристиками (таблица 4) [6, 3].

Предлагаемая концепция УКУ представляет собой систему организации работы персонала, направленную на оптимизацию эксплуатационных процессов за счет согласованного взаимодействия всех вовлеченных сторон. В рамках УКУ ключевые участники процесса – владельцы объектов, эксплуатационные службы, подрядчики и регуляторы – работают в единой цифровой среде, что позволяет оперативно реагировать

на изменения состояния ТС и принимать решения на основе актуальных данных [5, 7, 8].

Согласно собственным принципам работы УКУ, прежде всего влияет на цифровизацию процессов, когда все участники используют ИСУ, включающие ЦИД, что обеспечивает прозрачность работы и доступ к актуальной информации [6, 2, 14]. При этом, между участниками процессов обозначено конкретное распределение зон ответственности – каждая группа отвечает за определенные этапы эксплуатации, включая мониторинг, диагностику, техническое обслуживание и модернизацию ТС [5, 3]. Когда принято ре-

шение о ТИВ в управлении ТС на основе их текущего состояния, это позволяет минимизировать простои и издержки на ремонт, исключая ненужные регламентные работы [4, 7].

За счет внедрения интеллектуальных алгоритмов прогнозирования износа инженерного оборудования и конструктивных элементов объекта система может предлагать оптимальные ва-

рианты проведения ремонтных работ или модернизации ТС [5]. При этом, ведение документации и отчетности происходит на единой платформе, что исключает дублирование данных и обеспечивает единобразие информационного поля [2, 8, 15]. Кроме того, система УКУ учитывает изменения эксплуатационных условий и адаптируется к ним, что повышает устойчивость объектов капитального строительства [5, 3].

Структурный состав системы теплоснабжения, состоящий из ККИМ

№	Компонент ККИМ i	Идентификатор ID	Удельный вес $\gamma, \%$	Информационное поле m
1	Котел отопительный	.../Eng_i/Heat_j/Blr_i	40	Мощность, КПД, расход топлива
2	Теплообменник	.../Eng_i/Heat_j/Exc_i	20	Тип, площадь теплообмена, КПД
3	Насос циркуляционный	.../Eng_i/Heat_j/Pmp_i	15	Тип, площадь теплообмена, КПД
4	Трубопровод	.../Eng_i/Heat_j/Pln_i	15	Диаметр (мм), материал, теплопроводность
5	Автоматизированная система управления (АСУ) теплоснабжением	.../Eng_i/Heat_j/ACS_i	10	Программное обеспечение, алгоритмы регулирования

Выводы. Использование предлагаемой информационной системы взаимодействия участников в процессе эксплуатации ЖЦ объекта, выдвигает следующие преимущества для его обслуживания:

1. Разработанная математическая модель КИМ учитывает динамику износа компонентов системы, их удельный вес и временные факторы, что позволяет прогнозировать оптимальные временные отрезки для ремонта и модернизации ТС.

2. ТИВ позволяют проводить ремонт и техническое обслуживание на основе реального состояния ТС, рационально распределяя эксплуатационные ресурсы и способствуя продлению срока службы оборудования.

3. УКУ является эффективным подходом к организации взаимодействия владельцев, эксплуатационных служб, подрядчиков и регуляторов, обеспечивающим прозрачность процессов и минимизацию затрат на обслуживание ТС.

4. Внедрение УКУ и ТИВ в управлении ЖЦ ОКС способствует повышению надежности, снижению аварийности и оптимизации затрат на эксплуатацию ТС, что делает данный подход перспективным направлением для дальнейших исследований и практического применения.

5. Построение информационной системы взаимодействия участников процесса возведения и обслуживания ОКС, минимизирует риски связанные с отставанием проведения работ по календарному графику, а ТИВ способны в режиме

реального времени корректировать как последовательность работ в соответствии с приоритетизацией, так и временной отрезок, в котором работы должны быть проведены.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамян С.Г., Бурлаченко О.В., Оганесян О.В., Соболева Е.Д., Бурлаченко А.О., Плешаков В.В. К вопросу о стадиях жизненного цикла строительных систем в контексте принципов информационного моделирования // Вестник Волгоградского государственного технического университета. 2022. Т. 18, № 3. С. 5–10.

2. Савина А.Г., Малявкина Л.И., Савин Д.А. Теоретико-методологические основы построения цифровой инфраструктуры управления объектами капитального строительства на базе BIM // Российский журнал экономики и права. 2023. Т. 17, № 1. С. 90–109. DOI: 10.21202/2782-2923.2023.1.90-109 EDN: QYKYOC

3. Федосов С.В. Управление жизненным циклом устойчивого состояния объекта строительства // Вестник гражданских инженеров. 2023. Т. 16, № 1. С. 145–152.

4. Мищенко А.В. Информационное моделирование жизненного цикла объекта капитального строительства: дис.... канд. техн. наук. 2023. EDN: HGAUQD

5. 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. № 2. С. 3–3. DOI: 10.29039/2308-0191-2023-11-2-3-3 EDN: YMUZXY

6. Рыбакова А.О. Формирование данных информационной модели модульного здания в формате OLAP // Строительство и архитектура. 2023. № 1. С. 21–21. DOI: 10.29039/2308-0191-2022-11-1-21-21 EDN: IKDWQB

7. Шавшуков В.М., Олейник А.В., Шавшуков В.М., Мешкова Н.Л. Технологии информационного моделирования в строительной отрасли // Экономика, предпринимательство и право. 2024. Т. 14, № 6. С. 3207–3218. DOI: 10.18334/errp.14.6.121007 EDN: FBBDHI

8. Шутова М.Н., Кужелева В.А., Минькова А.А., Сотников А.С., Кожихов А.Г. Информационное моделирование и управление жизненным циклом строительных объектов в городе Новочеркасске // Строительство и архитектура. 2023. № 2. С. 15–15. DOI: 10.29039/2308-0191-2023-11-2-15-15 EDN: EOKSGS

9. Аверина Т.А. Научно-техническое сопровождение при управлении жизненным циклом объектов капитального строительства // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2024. Т. 24, № 4. С. 66–79. DOI: 10.14529/ctcr240406 EDN: PQNGOP

10. Суворова М.О., Наумов А.Е. Scientific and theoretical approaches to complex assessment of building life cycle from a low-carbon development perspective // Недвижимость: экономика, управление. 2023. № 1. С. 6–10. DOI: 10.22337/2073-8412-2023-1-6-10 EDN: OOMEJC

Информация об авторах

Наумов Андрей Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой экспертизы и управления недвижимостью. E-mail: kafeun@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Старченко Константин Михайлович, магистрант кафедры архитектурных конструкций. E-mail: konstantin.starchenko.99@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 17.03.2025 г.

© Наумов А.Е., Старченко К.М., 2025

11. Куприяновский В.П., Климов А.А., Воропаев Ю.Н., Покусаев О.Н., Добрынин А.П., Понкин И.В., Лысогорский А.А. Цифровые двойники на базе развития технологий BIM, связанные онтологиями, 5G, IoT и смешанной реальностью для использования в инфраструктурных проектах и IFRABIM // International Journal of Open Information Technologies. 2020. Т. 8, № 3. С. 55–74. EDN: CAVPLB

12. Пешков В.В., Алексанин И.А. Разработка организационно-технических решений на этапе капитального ремонта жизненного цикла объекта строительства с использованием возможностей его цифровой модели // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12, № 2(41). С. 196–205. DOI: 10.21285/2227-2917-2022-2-196-205 EDN: IFZYVX

13. Кулаков Д.С., Карелин Д.В. Критерий Пирсона для оценки количества информационных параметров в виртуальном паспорте // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. 2024. Т. 3, № 4. С. 96–106. DOI: 10.23947/2949-1835-2024-3-4-96-106 EDN: OWWGXL

14. Кулаков Д.С., Карелин Д.В. Нормирование информационных параметров виртуального паспорта для цифровой модели здания // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024 № 26(1). С. 41–55. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-1-41-55 EDN: BPKGPA

15. Грязнова Н.В., Сайтибрагимов А.Э. Цифровая параметрическая градостроительная документация // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. № 2 (37). С. 330–341. DOI: 10.21285/2227-2917-2021-2-330-341 EDN: JUPNGW

Naumov A.E., *Starchenko K.M.
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
**E-mail: konstantin.starchenko.99@mail.ru*

IMPROVING THE EFFICIENCY OF LIFECYCLE MANAGEMENT OF CAPITAL CONSTRUCTION OBJECTS THROUGH MANAGERIAL COOPERATION AND INITIATIVE INTERVENTION TECHNOLOGIES

Abstract. The article discusses modern approaches to managing the life cycle of capital construction facilities using managerial cooperation of participants and technologies of proactive intervention. A mathematical model of the information model quanta has been developed, taking into account the dynamics of wear of technical systems, their specific gravity and time factors. This model allows you to predict the optimal moments for carrying out repairs and upgrades, minimizing operating costs. Special attention is paid to the use of digital diagnostic tools and intelligent forecasting algorithms that automate decision-making and improve the accuracy of assessing the technical condition of systems. It is assumed that the introduction of technologies that diagnose the percentage of deterioration of system components, giving recommendations on their maintenance at the current time, reduces both accidents and prevents premature wear, extending their service life. The proposed management cooperation of the participants facilitates the effective interaction of all parties involved: owners, maintenance services, contractors and regulatory authorities. The implementation of the proposed approaches helps to increase the reliability of structural elements, increase the service life of their components, and permanently operate technical systems, creating economically sustainable solutions, which makes the proposed concept a promising area for further research and practical application in the digital transformation of the construction industry.

Keywords: proactive intervention technologies, information model quanta, digital diagnostic tools, wear prediction, and reduced operating costs.

REFERENCES

1. Abramyan S.G., Burlachenko O.V., Oganesyan O.V., Soboleva E.D., Burlachenko A.O., Pleshakov V.V. On the issue of the stages of the life cycle of building systems in the context of the principles of information modeling [K voprosu o stadiyah zhiznennogo cikla stroitel'nyh sistem v kontekste principov informacionnogo modelirovaniya]. Bulletin of the Volgograd State Technical University. 2022. Vol. 18, No. 3. Pp. 5–10. (rus)
2. Savina A.G., Malyavkina L.I., Savin D.A. Theoretical and methodological foundations of building a digital infrastructure for managing capital construction facilities based on BIM [Teoretiko-metodologicheskie osnovy postroeniya cifrovoj infrastruktury upravleniya ob'ektami kapital'nogo stroitel'stva na baze BIM]. Russian Journal of Economics and Law. 2023. Vol. 17, No. 1. Pp. 90–109. DOI: 10.21202/2782-2923.2023.1.90-109 EDN: QYKYOC (rus)
3. Fedosov S.V. Management of the life cycle of the stable condition of the construction site [Upravlenie zhiznennym ciklom ustojchivogo sostoyaniya ob'ekta stroitel'stva]. Bulletin of Civil Engineers. 2023. Vol. 16, No. 1. Pp. 145–152. (rus)
4. Mishchenko A.V. Information modeling of the life cycle of a capital construction facility [Informacionnoe modelirovanie zhiznennogo cikla ob'ekta kapital'nogo stroitel'stva]. Dissertation of the Candidate of Technical Sciences. 2023. (rus)
5. Suvorova M.O., Naumov A.E., Strokova V.V. Improving the life cycle management system for integrated development of territories from the perspective of low-carbon development [Sovershenstvovanie sistemy upravleniya zhiznennym ciklom kompleksnoj zastrojki territorij s pozicijii nizkouglernogo razvitiya]. Construction and architecture. 2023. No. 2. Pp. 3–3. DOI: 10.29039/2308-0191-2023-11-2-3-3 EDN: YMUZXY (rus)
6. Rybakova A.O. Data formation of the modular building information model in OLAP format [Formirovanie dannyh informacionnoj modeli modul'nogo zdaniya v formate OLAP]. Construction and Architecture. 2023. No. 1. Pp. 21–21. DOI: 10.29039/2308-0191-2022-11-1-21-21 EDN: IKDWQB (rus)
7. Shavshukov V.M., Oleinik A.V., Shavshukov V.M., Meshkova N.L. Information modeling technologies in the construction industry [Tekhnologii informacionnogo modelirovaniya v stroitel'noj otrassli]. Economics, entrepreneurship and law. 2024. Vol. 14, No. 6. Pp. 3207–3218. (rus)
8. Shutova M.N., Kuzheleva V.A., Minkova A.A., Sotnikov A.S., Kozhikhov A.G. Information modeling and life cycle management of construction facilities in the city of Novocherkassk [Informacionnoe modelirovanie i upravlenie zhiznennym ciklom stroitel'nyh ob'ektov v gorode Novocherkasske]. Construction and architecture. 2023. No. 2. Pp. 15–15. DOI: 10.29039/2308-0191-2023-11-2-15-15 EDN: EOKSGS (rus)

9. Averina T.A. Scientific and technical support in the management of the life cycle of capital construction facilities [Nauchno-tehnicheskoe so-provozhdenie pri upravlenii zhiznennym ciklom ob"ektov kapital'nogo stroitel'stva]. Bulletin of the South Ural State University. Series: Computer technology, control, radio electronics. 2024. Vol. 24, No. 4. Pp. 66–79. DOI: 10.14529/ctcr240406 EDN: PQNGOP (rus)

10. Suvorova M.O., Naumov A.E. Scientific and theoretical approaches to complex assessment of building life cycle from a low-carbon development perspective. Real estate: economics, management. 2023. No. 1. Pp. 6–10. DOI: 10.22337/2073-8412-2023-1-6-10 EDN: OOMEJC (rus)

11. Kupriyanovsky V.P., Klimov A.A., Voropaev Yu.N., Pokusaev O.N., Dobrynnin A.P., Ponkin I.V., Lysogorsky A.A. Digital twins based on the development of BIM technologies related to ontologies, 5G, IoT and mixed reality for use in infrastructure projects and IFRABIM [Cifrovye dvojnikи na baze razvitiya tekhnologij BIM, svyazannye ontologiyami, 5G, IoT i smeshannoj real'nost'yu dlya ispol'zovaniya v infrastrukturnyh proektah i IFRABIM]. International Journal of Open Information Technologies. 2020. Vol. 8, No. 3. Pp. 55–74. EDN: CAVPLB

12. Peshkov V.V., Aleksanin I.A. Development of organizational and technical solutions at the stage of major repairs of the life cycle of a construction object using the capabilities of its digital model

[Razrabotka organizacionno-tehnicheskikh reshenij na etape kapital'nogo remonta zhiznennogo cikla ob"ekta stroitel'stva s ispol'zovaniem vozmozhnostej ego cifrovoj modeli]. Izvestiya vuzov. Investment. Construction. Realty. 2022. Vol. 12, No. 2(41). Pp. 196–205. (rus)

13. K DOI: 10.21285/2227-2917-2022-2-196-205 EDN: IFZYVX ulakov D.S., Karelina D.V. Pearson's criterion for estimating the number of information parameters in a virtual passport [Kriterij Pirsona dlya ocenki kolichestva informacionnyh parametrov v virtual'nom pasporte]. Modern trends in construction, urban planning and territory planning. 2024. Vol. 3, No. 4. Pp. 96–106. DOI: 10.23947/2949-1835-2024-3-4-96-106 EDN: OWWGXL (rus)

14. Kulakov D.S., Karelina D.V. Normalization of information parameters of a virtual passport for a digital building model [Normirovanie informacionnyh parametrov virtual'nogo pasporta dlya cifrovoj modeli zdaniya]. Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2024 No. 26(1). Pp. 41–55. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-1-41-55 EDN: BPKGPA (rus)

15. Gryaznova N.V., Saitibragimov A.E. Digital parametric urban planning documentation [Cifrovaya parametricheskaya gradostroitel'naya dokumentaciya]. Izvestiya vuzov. Investment. Construction. Realty. 2021. No. 2 (37). Pp. 330–341. DOI: 10.21285/2227-2917-2021-2-330-341 EDN: JUPNGW (rus)

Information about the authors

Naumov, Andrey E. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Expertise and Real Estate Management. E-mail: kafeun@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 46 Kostyukova St., Belgorod, 308012, Russia.

Konstantin, Mikhailovich S. Master's student of the Department of Architectural Structures. E-mail: konstantin.starchenko.99@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 46 Kostyukova str., Belgorod, 308012, Russia.

Received 17.03.2025

Для цитирования:

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. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-12-41-48

For citation:

Naumov A.E., Starchenko K.M. Improving the efficiency of lifecycle management of capital construction objects through managerial cooperation and initiative intervention technologies. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2025. No. 12. Pp. 41–48. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-12-41-48