

Управление жизненным циклом коммунальной инфраструктуры на основе цифрового мастер-планирования

Марина Евгеньевна Дементьева¹, Анна Сергеевна Малькова^{1,2}

¹ *Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Россия;*

² *ПРАЙМКЕЙ; г. Москва, Россия*

АННОТАЦИЯ

Введение. Высокий износ объектов коммунальной инфраструктуры обусловлен неэффективным управлением жизненным циклом (ЖЦ), в частности устаревшими подходами к планированию эксплуатационных мероприятий. Исследование направлено на решение проблем существующей на текущий момент разобщенности информационных систем, изолированности эксплуатационного процесса от прочих этапов ЖЦ. Предметом исследования является цифровое мастер-планирование (ЦМП) как инструмент создания единой цифровой платформы (ЕЦП) для поддержки принятия решений на всех этапах ЖЦ коммунальной инфраструктуры. В задачи исследования входили сравнительный анализ систем управления технической эксплуатацией коммунальных сетей, составление перечня ключевых атрибутов, необходимых для создания реестра данных и имеющих первоочередное значение для предикативного планирования эксплуатации.

Материалы и методы. Исследование основано на системном анализе актуальных нормативных документов и научных публикаций в области цифровизации эксплуатационных процессов. На основе метода SWOT-анализа проведено комплексное изучение проблем, преимуществ, рисков и перспектив применения ЦМП для основных участников — субъектов этапов ЖЦ объектов коммунальной инфраструктуры. Предложено оценивать эффективность применения ЕЦП на основе метода линейной свертки.

Результаты. Разработана система критериев для многокритериальной оценки эффективности использования ЦМП на этапе эксплуатации коммунальной инфраструктуры. Создана блок-схема ЕЦП управления ЖЦ объектов и сформулированы рекомендации по ее внедрению.

Выводы. Значимость предложенной схемы ЕЦП заключается в устранении разрыва в системе управления ЖЦ коммунальной инфраструктуры. Предлагаемое решение позволит систематизировать большие потоки данных, поступающих в режиме реального времени, расширит возможности аналитики и прогнозирования технического состояния. В результате ожидается сокращение времени выявления и устранения эксплуатационных нарушений, повышение надежности функционирования коммунальной инфраструктуры, снижение потерь ресурсов и обеспечение их качества.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мастер-план, планово-предупредительные ремонты, предикативная эксплуатация, модернизация коммунальной инфраструктуры, износы, аварии, информационные системы, реестр, атрибуты

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Дементьева М.Е., Малькова А.С. Управление жизненным циклом коммунальной инфраструктуры на основе цифрового мастер-планирования // Вестник МГСУ. 2026. Т. 21. Вып. 2. С. 280–293. DOI: 10.22227/1997-0935.2026.2.280-293

Автор, ответственный за переписку: Марина Евгеньевна Дементьева, 7dem@mail.ru.

Managing the life cycle of municipal infrastructure based on digital master planning

Marina E. Dement'eva¹, Anna S. Malkova^{1,2}

¹ *Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);
Moscow, Russian Federation;*

² *PRIMEKEY; Moscow, Russian Federation*

ABSTRACT

Introduction. The high depreciation of public infrastructure facilities is due to inefficient life cycle management, in particular outdated approaches to planning operational activities. This study aims to address the current fragmentation of information systems and the isolation of the operational process from other lifecycle stages. The research focuses on digital master planning as a tool for creating a unified digital platform to support decision-making at all stages of the utility infrastructure lifecycle. The study's objectives included a comparative analysis of utility network maintenance management systems and the compilation of a list of key attributes necessary for creating a data register and crucial for predictive planning.

Materials and methods. The study is based on a systematic analysis of current regulatory documents and scientific publications in the field of digitalization of operational processes. Using a SWOT analysis method, a comprehensive study

was conducted of the challenges, benefits, risks, and prospects of applying digital master planning for key stakeholders in the lifecycle stages. The paper proposes evaluating the effectiveness of a unified digital platform using a linear convolution method.

Results. A system of criteria for multi-criteria evaluation of the effectiveness of digital master planning during the operational phase of utility infrastructure has been developed. A flowchart for a unified digital platform for asset lifecycle management has been created, and recommendations for its implementation have been formulated.

Conclusions. The significance of the proposed unified digital platform lies in its ability to bridge the gap in the lifecycle management system for utility infrastructure. The proposed solution will systematize large streams of real-time data, expanding analytical capabilities and technical condition forecasting. This is expected to reduce the time it takes to identify and resolve operational issues, improve the reliability of utility infrastructure, reduce resource losses, and ensure their quality.

KEYWORDS: master plan, scheduled preventive maintenance, predictive operation, modernization of public utility infrastructure, depreciation, accidents, information systems, registry, attributes

FOR CITATION: Dement'eva M.E., Malkova A.S. Managing the life cycle of municipal infrastructure based on digital master planning. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2026; 21(2):280-293. DOI: 10.22227/1997-0935.2026.2.280-293 (rus.).

Corresponding author: Marina E. Dement'eva, 7dem@mail.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Текущая статистика Росстата и аналитических источников свидетельствует о неудовлетворительном состоянии коммунальной инфраструктуры. Так, средняя величина износа коммунальных сетей по стране составляет порядка 40–50 %, достигая в отдельных регионах критических значений 70 % и выше. Ежегодно фиксируются сотни аварий с серьезными последствиями и большими потерями коммунальных ресурсов [1]. Причины такой ситуации в коммунальной сфере кроются, в том числе, в неэффективной системе управления жизненным циклом объектов коммунальной инфраструктуры (ЖЦ ОКИ) вследствие технологического отставания, организационных проблем, человеческого фактора, несовместимости разрабатываемых цифровых инструментов [2].

Сегодня для ОКИ на разных этапах их жизненного цикла используются различные информационные системы, которые созданы как отдельные подсистемы и решения по своим стандартам [3]. Они зачастую фрагментированы, имеют недостаточную интеграцию, проблемы по обмену данными, что приводит к снижению эффективности управления и увеличению затрат [4].

По мнению авторов, наиболее сложный в управлении ЖЦ — этап эксплуатации, поскольку он характеризуется осложненными условиями производства ремонтно-восстановительных работ, высокими рисками отказов элементов ОКИ, рисками нарушений качества коммунальных ресурсов, высокими эксплуатационными затратами и социальными последствиями [5]. Применяемый сейчас традиционный подход к управлению эксплуатационным состоянием на основе системы планово-предупредительных ремонтов устарел, что косвенно подтверждается существенным износом коммунальных сетей [6]. Чтобы оценить состояние какого-либо участка инженерной сети и принять решение, например, о продлении его срока службы, одним из ключевых условий является наличие полной статистики повреждений и выполненных ремонтов с момента ввода этого участка

в эксплуатацию. Однако такие сведения либо отсутствуют, либо доступны лишь за несколько последних лет [7].

Сегодня сбор данных по ОКИ происходит из разных источников, которые никак не сопоставляются, что часто ведет к их несовпадению по одному и тому же объекту [8]. Нередки случаи, когда сведений недостаточно. Например, нет информации не только о сроках и объемах проводимых ранее плановых и аварийных ремонтах, но и о точном размещении инженерных сетей, их характеристиках, применяемых материалах, оборудовании. Такие данные в ограниченном виде часто представлены только в муниципальных схемах ресурсоснабжения, которые также не обеспечивают полноту и актуальность информации. Очевидно, что при отсутствии сведений повышается риск возникновения заброшенных участков коммуникаций, которые становятся источниками массовых аварий [9].

В основе принятия решения по выполнению тех или иных эксплуатационных мероприятий лежит понятие эффективного срока службы, уточняемого по результатам определения технического состояния или износа. При этом различные научные исследования подтверждают неэффективность традиционных методов мониторинга для эксплуатируемых ОКИ из-за высокого риска человеческой ошибки [10, 11], недоступности сетей для непосредственного наблюдения [12], неразвитости средств дистанционного контроля [13], низкой автоматизации процессов [14]. Таким образом, высокий поток отказов, недоучет фактического технического состояния, избыточность или наоборот недостаточность ремонтов, нарушение сроков планового межремонтного периода, повышенные трудоемкости, стоимости и продолжительности ремонтных работ представляют собой следствие громоздкости и инертности системы принятия решения.

Эта проблема обосновывает актуальность создания единой цифровой платформы (ЕЦП) для управления ОКИ. В 2024 г. Минстрой РФ совместно с Минцифры анонсировал начало создания цифрового сервиса для развития ОКИ на перспективу до 2036 г.,

который должен включить как реестр самих ОКИ, так и фактические сведения об их эксплуатационном состоянии. Предполагается, что такой сервис позволит улучшить контроль технического состояния ОКИ, качества коммунальных услуг, повысить эффективность управления коммунальными ресурсами, оптимизировать инвестиционные программы по модернизации ОКИ с учетом современных требований к комплексному развитию территорий агломераций (КРТ). Создание цифрового сервиса предполагает использование инструментов автоматизации и существующих информационных систем, а также разработку единых цифровых моделей и стандартов данных. Эта новая актуальная задача пока еще недостаточно освещена в научных работах и перспективна для научно-практических исследований.

По мнению авторов, на текущий момент наблюдается разрыв в системе управления жизненным циклом. И если планирование КРТ уже имеет отдельные «цифровые» связи с процессами проектирования и строительства ОКИ, то эксплуатационный процесс фактически изолирован. Поэтому необходима полная интеграция, которая возможна на основе единой базы как тематических, так и пространственных данных. Она даст возможность анализировать большие объемы информации и в конечном итоге организовать единую систему управления непрерывным ЖЦ ОКИ.

В настоящее время системы управления в строительной отрасли представляют собой статичные цифровые документы [15]. Обмен данными может происходить с большим количеством информационных систем федерального, регионального, локального уровней: ГИС ОГД, ФГИС ТП, ЕГРН, ГИС ЕГРЗ, НСПД, ИСУП, ЕИСЖС, Росреестр, АИС ЦД. Также можно отметить, что для ОКИ используются свои региональные и отраслевые информационные системы, геоинформационные системы коммунальных сетей. В каждой системе коммунальной инфраструктуры, будь то энергетический комплекс, теплоэнергетическое или водопроводно-канализационное хозяйство, газовая отрасль, применяются внутренние автоматизированные системы управления и диспетчеризации, АСУПР [16]. Для эксплуатации объектов жилищного хозяйства, которые связаны с ОКИ через поставляемые коммунальные ресурсы, существует своя информационная система ГИС ЖКХ [17]. Для управления городским хозяйством используется ЕДС ЖКХ [18]. И это не исчерпывающий перечень информационных систем. При работе с ними фиксируются несовпадения, ошибки, которые имеют тенденцию к накоплению [19].

Следовательно, повышение степени государственной зрелости управления ЖЦ ОКИ и переход к современной системе планирования их эксплуатации возможны путем создания единой цифровой платформы (ЕЦП), обеспечивающей бесшовный обмен данными, в том числе в режиме реального вре-

мени. В основе такой платформы должен лежать инструмент, позволяющий достичь целевых показателей различных федеральных проектов. Сейчас, например, инструментом реализации федерального проекта «Модернизация коммунальной инфраструктуры» являются комплексные планы модернизации, формируемые в информационной системе Фонда развития территорий. Вместе с тем этап последующей эксплуатации модернизированных объектов опять не включен в единый управленческий процесс. Поэтому по гипотезе авторов формирование единого информационного пространства, где могли бы не только разрабатываться планы модернизации ОКИ, но и аккумулироваться сведения об их текущем состоянии, прогнозах изменения нагрузок, возможных рисках, позволяющие корректировать как долгосрочные цели развития территории, так и оперативно реагировать на возникающие текущие проблемы нарушений качества коммунальных ресурсов и услуг, может быть реализовано на основе цифрового мастер-планирования (ЦМП).

Первые мастер-планы в России появились в начале 2000-х гг. Они представляли собой новый формат комплексного стратегического планирования развития территорий, направленного на повышение качества жизни [20]. Сейчас мастер-планирование применяется для КРТ различных общественных пространств, функциональных кластеров, городов в целом. На текущий момент под мастер-планом понимается чаще всего пока один инструмент многоуровневого подхода к градостроительному планированию в виде цифровых документов, созданный для объединения градостроительной документации, синхронизации данных о городской инфраструктуре, формирования интерактивных виртуальных моделей. Однако в марте 2024 г. было издано Постановление Правительства Москвы № 438-ПП, согласно которому утверждено «Положение о цифровом мастер-планировании территории города Москвы». По определению этого нормативного акта ЦМП представляет собой не просто комплексный проект развития городов и агломераций, а «процесс сбора, анализа, подготовки и обработки информации, необходимой для принятия решений, направленных на развитие городской инфраструктуры». В таком определении ЦМП отождествляет собой цифровую информационную модель и предусматривает не только переход от документов бумажного формата к цифровым форматам, но и управление КРТ на основе больших данных, цифровых методов и технологий [21].

ЦМП как инструмент в системе управления развитием территории, и в частности модернизации ОКИ, по мнению авторов, имеет ряд возможностей, позволяющих перейти от традиционной системы плано-предупредительной эксплуатации к системе предикативной эксплуатации, основанной на аналитике информации, моделировании и прогнозировании

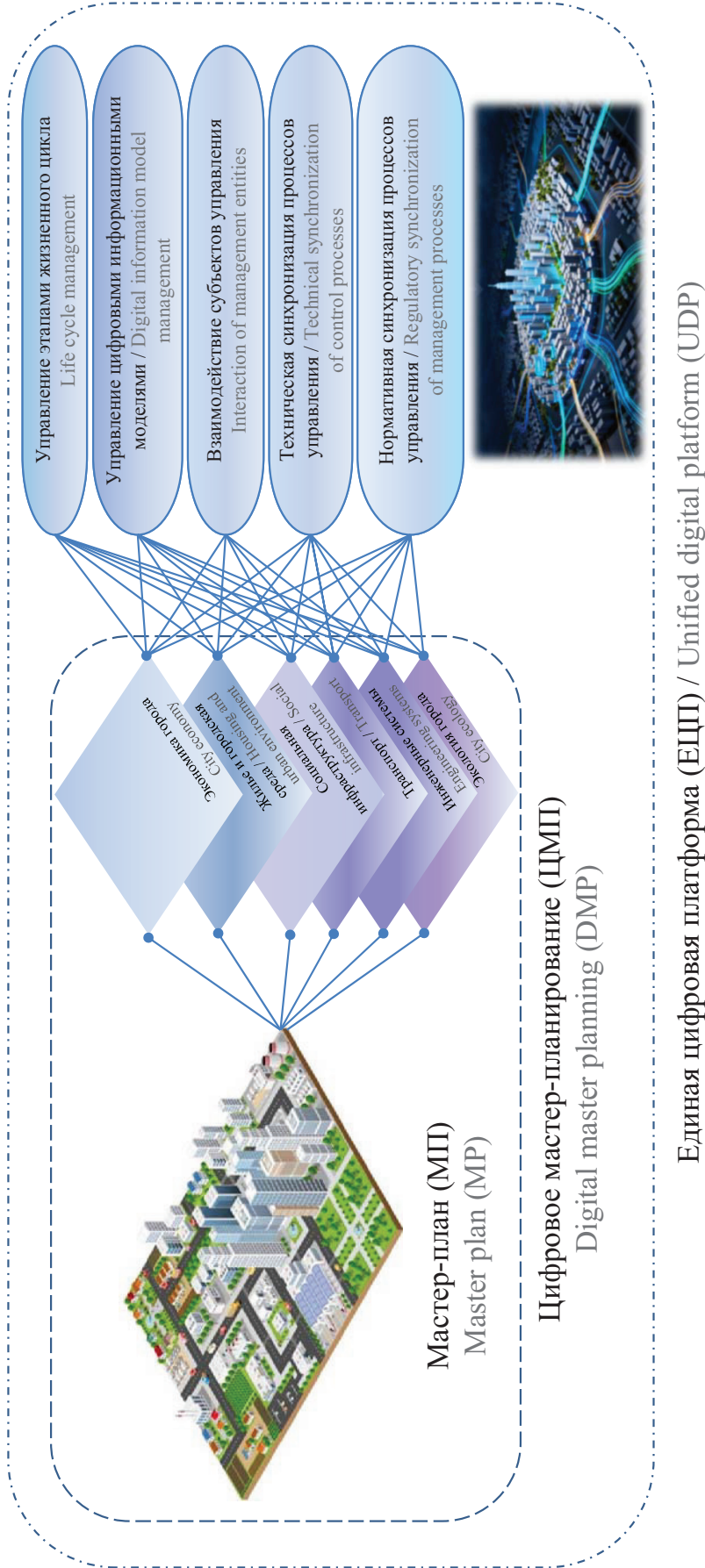


Рис. 1. Визуализация концепции трансформации цифрового мастер-планирования под задачи непрерывного ЖЦ ОКИ (составлено авторами)
Fig. 1. Visualization of the concept of transforming digital master planning for the continuous life cycle of public utility infrastructure facilities (compiled by the authors)

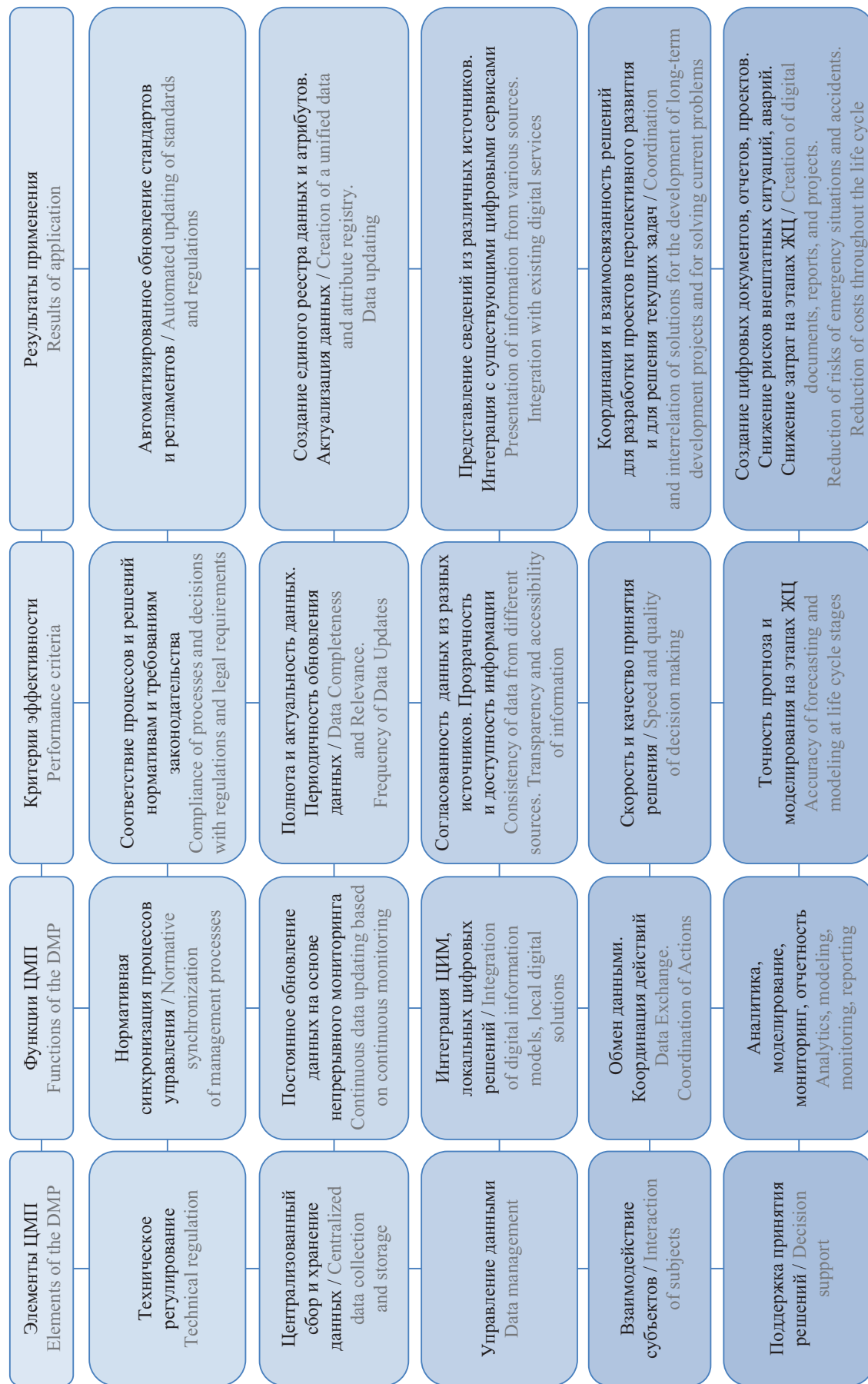


Рис. 2. Схема единой цифровой платформы управления ЖЦ ОКИ на основе ЦМП (составлено авторами)

Fig. 2. Scheme of a unified digital platform for managing the life cycle of public utility infrastructure facilities based on the DMP (compiled by the authors)

Результаты сравнительного анализа систем управления технической эксплуатацией ОКИ (составлено авторами)

Results of a comparative analysis of technical operation management systems for public utility infrastructure facilities (compiled by the authors)

Система управления эксплуатацией ОКИ Management system for the operation of public utility infrastructure facilities	Особенности Features	Преимущества / Advantages	Недостатки / Disadvantages
Ответная / Responsive	Выполняемая по факту отклонения, нарушения Performed based on the actual deviation or violation	Низкая стоимость в краткосрочной перспективе Low short-term cost	Высокие потери ресурсов, ущербы от аварий, снижение долговечности, внеплановые простои, социальная напряженность / High resource losses, damage from accidents, reduced service life, unscheduled downtime, social tensions
Профилактическая Preventative	Выполняемая по нормативным требованиям Performed based on regulatory requirements	Снижение отказов, простоев Reduced failures and downtime	Недоучет остаточного ресурса, недоучет влияния фактических условий эксплуатации, высокая вероятность случайных отказов, повышенные эксплуатационные затраты в среднесрочной перспективе / Underestimation of residual service life, underestimation of the impact of actual operating conditions, high probability of random failures, increased operating costs in the medium term
Предупредительная Precautionary	Выполняемая по функциональному состоянию / Performed based on the functional state	Снижение потребляемых ресурсов, повышение безопасности функционирования, снижение затрат в среднесрочной перспективе / Reduced resource consumption, improved operational safety, and reduced medium-term costs	Необходимость инвестиций в персонал и технологии диагностики / Need for investment in personnel and diagnostic technologies
Предикативная Predictive	Выполняемая по результатам прогноза и моделирования Performed based on the results of forecasting and modelling	Повышение надежности функционирования, снижение затрат в среднесрочной перспективе, социальная удовлетворенность, учет перспектив развития территорий / Increased operational reliability, reduced medium-term costs, increased social satisfaction, and consideration of regional development prospects	Необходимость инвестиций в персонал и цифровые технологии, необходимость разработки цифровых информационных моделей Need for investment in personnel and digital technologies, need for development of digital information models

нии износа и оценке последствий выбранных стратегий обслуживания и ремонта (рис. 1).

Для быстрого реагирования и перенастройки системы планирования на этапе эксплуатации необходимы верифицированные данные, которые должны быть представлены в виде единого реестра, включающего полные сведения о коммунальных сетях и сооружениях, их собственниках, протяженности и степени изно-

са, мощности, предельной нагрузки, средств мониторинга, плановых сроков технического обслуживания, текущего и капитального ремонта [22–24].

Таким образом, на основании результатов выполненного аналитического обзора сформулирована цель исследования, которая заключается в изучении возможностей и перспектив применения цифрового мастер-планирования для управления единым

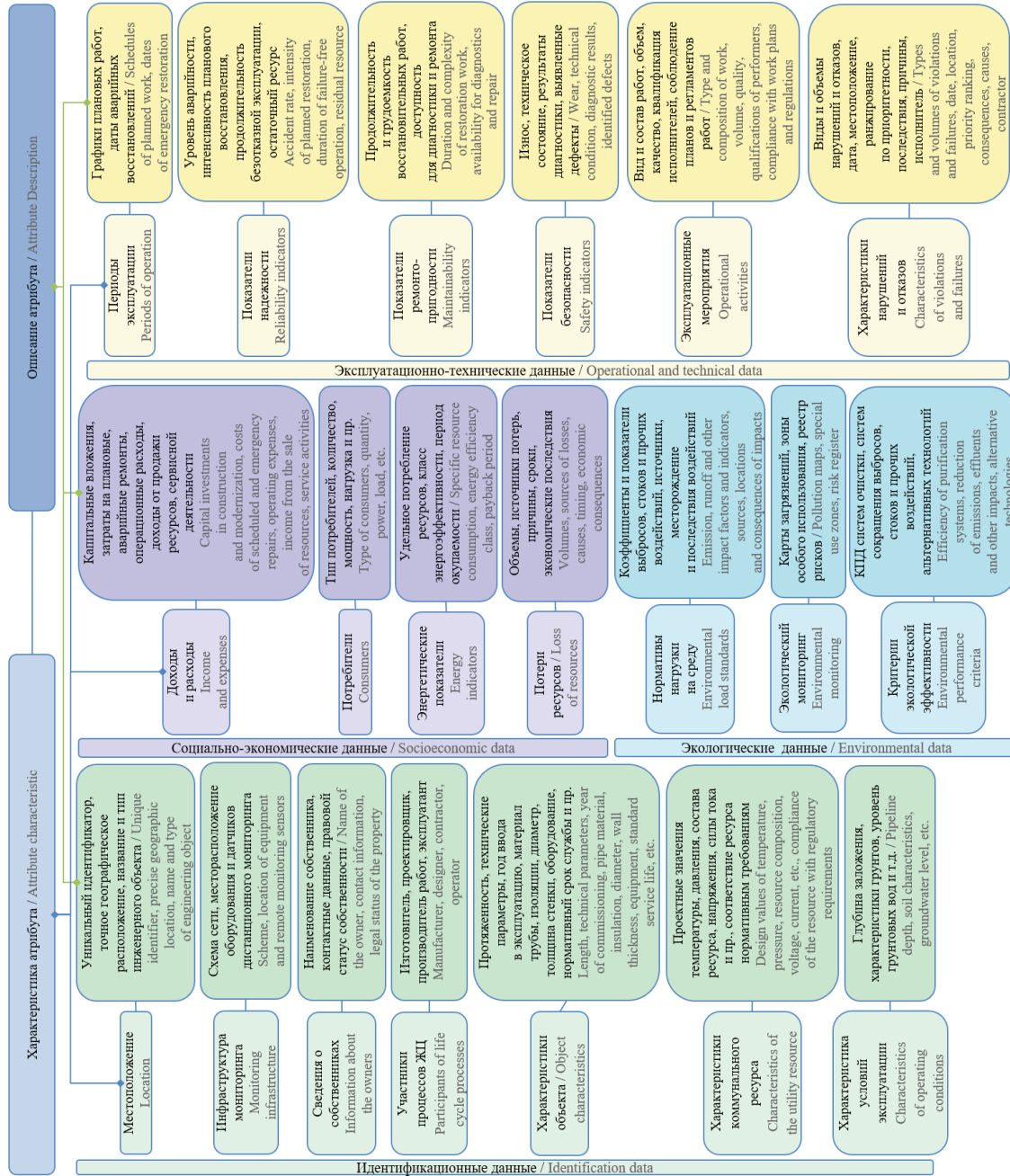


Рис. 3. Атрибуты реестра данных в ЦМП для управления ЖЦ ОКИ (составлено авторами)

Fig. 3. Attributes of the data register in the DMP for managing the life cycle of public utility infrastructure facilities (compiled by the authors)

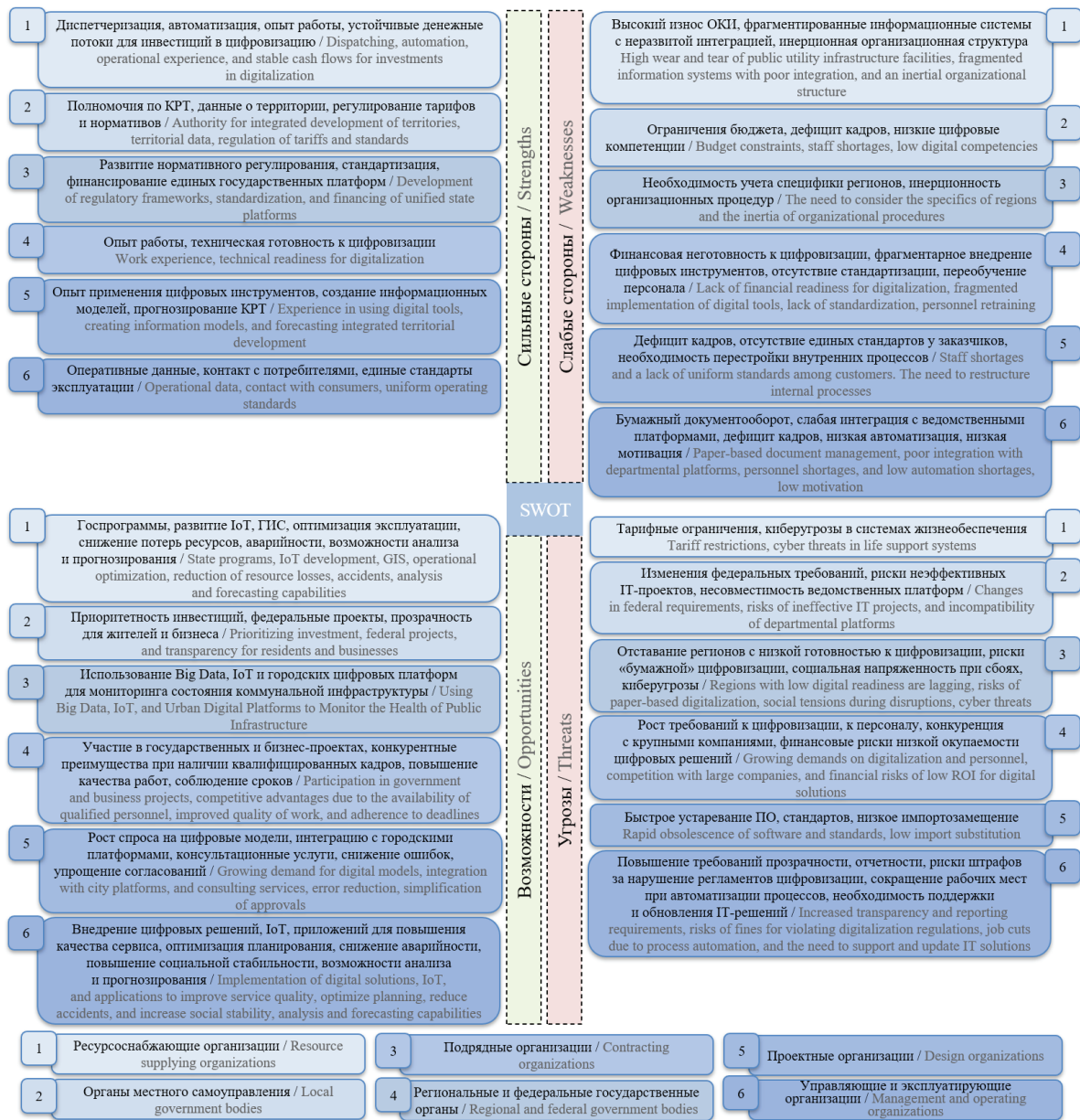


Рис. 4. SWOT-анализ перспектив внедрения ЕЦП для различных участников ЖЦ ОКИ (составлено авторами)

Fig. 4. SWOT analysis of the prospects for the implementation of UDP for various participants in the life cycle of public utility infrastructure facilities (compiled by the authors)

ЖЦ ОКИ, включая этап эксплуатации. В задачи исследования входили:

- разработка системы критериев для оценки эффективности использования ЦМП на этапе эксплуатации объектов коммунальной инфраструктуры;
- системный анализ проблем и преимуществ, рисков и возможностей использования ЦМП для субъектов — участников различных этапов ЖЦ ОКИ;
- структурирование системы атрибутов, необходимых для создания реестра данных и имеющих первоочередное значение для планирования предиктивной эксплуатации ОКИ;

- визуализация элементов единой платформы управления ЖЦ ОКИ на основе ЦМП в виде блок-схемы и разработка рекомендаций по ее внедрению.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выполненный аналитический обзор актуальной научной литературы в области цифровизации различных этапов ЖЦ ОКИ показал [25], что в настоящее время вопросы перестройки системы управления на основе цифровых решений являются разрозненными, фрагментированными и недостаточно скоординированными. В сквозном управлении не учтены эксплуатационные процессы. Поэтому объектом ис-



Рис. 5. Блок-схема плана действий по созданию единой цифровой платформы управления ЖЦ ОКИ на основе ЦМП (составлено авторами)

Fig. 5. Block diagram of the action plan for the creation of a unified digital platform for managing the life cycle of public utility infrastructure facilities based on the DMP (compiled by the authors)

следования стал процесс управления эксплуатацией коммунальной инфраструктуры на основе ЕЦП комплексного развития территории. Предмет исследования — цифровое мастер-планирование как инструмент создания интегрированной с существующими информационными системами ЕЦП для сквозной системы поддержки принятия решения на всех этапах ЖЦ ОКИ.

На основе сравнительного анализа были сопоставлены системы управления эксплуатацией ОКИ и выполнена оценка зрелости ЦМП для интеграции в эксплуатационный процесс. Это позволило авторам составить блок-схему ЕЦП с визуализацией ключевых элементов и функций. На основе экспертного метода авторами предложена система критериев оценки эффективности применения ЦМП для управления ЖЦ ОКИ (рис. 2).

Оценка эффективности применения единой платформы может осуществляться различными субъектами с учетом их приоритетов, нормативных требований, экономического обоснования. В случае экспертной оценки всех участников, работающих над совместным проектом, авторами предложен вариант многокритериальной оценки на основе метода свертки по сумме взвешенных баллов, где каждому критерию присваивается вес в соответствии с его значимостью для конкретного субъекта, а итоговая оценка определяется по формуле:

$$E = \sum_{j=1}^m v_j \cdot \left(\sum_{i=1}^n k_i \cdot \omega_i \right) \rightarrow \max,$$

где E — оценка эффективности применения для субъектов ЦМП как инструмента принятия решения; v — вес субъекта, в сумме составляющий 100 %; j — коли-

чество субъектов; k — весомость критерия сравнения, в сумме составляющая 100 %; i — количество критериев сравнения; ω — оценка критерия со стороны субъекта, отражающая степень удовлетворения его требованиям или ожиданиям по данному критерию.

Вес субъектов может определяться при работе над каждым проектом индивидуально. Он зависит от его влияния на конечное решение, заинтересованности, ответственности, опыта, репутации, компетентности и прочего. На основании многокритериальной оценки возможна адаптация ЕЦП, ее ключевых элементов под приоритеты разных участников.

Далее авторами был выполнен SWOT-анализ изменений для ключевых участников процесса управления ЖЦ ОКИ и на основе структурированных ключевых элементов ЦМП разработаны рекомендации по его внедрению в ЖЦ ОКИ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По результатам аналитического обзора актуальных нормативных документов, сводов, правил, стандартов, опыта эксплуатации [26] авторы выполнили сравнительный анализ систем управления эксплуатацией ОКИ (табл.).

Для организации предикативной эксплуатации ОКИ необходимо создание реестра данных, который позволит моделировать и прогнозировать износ коммунальных сетей и оборудования, разрабатывать стратегии их модернизации, продлять сроки эксплуатации, минимизировать финансовые расходы, потери коммунальных ресурсов, тем самым создавая комфортную городскую среду и снижая социальную напряженность общества. Авторами предложен перечень атрибутов для создания реестра данных в ЦМП, значимых, в том числе, для принятия решений на этапе эксплуатации (рис. 3).

Единая цифровая платформа управления ЖЦ ОКИ позволит включить в этап взаимодействия не только государственные структуры, проектные, подрядные и ресурсоснабжающие организации, но и управляющие и эксплуатирующие организации, а также конечных пользователей коммунальных услуг и ресурсов [27]. По результатам выполненного SWOT-анализа проблем и преимуществ ЦМП авторами разработана матрица, по которой каждый субъект сможет оценить текущие возможности и перспективы, а также вероятные риски и их последствия (рис. 4).

В ноябре 2024 г. Распоряжением Правительства Москвы № 64-16-684/24 был утвержден «Порядок утверждения алгоритмов ЦМП территории города Москвы», разработанный департаментом информационных технологий. Для решения задач по разработке таких алгоритмов авторами по результатам проведенных исследований разработаны рекомендации по внедрению ЦМП в ЖЦ ОКИ, блок-схема которых представлена на рис. 5.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Управление ЖЦ ОКИ должно быть основано на системном подходе, охватывающем полный спектр

операций по созданию, прокладке, эксплуатации и модернизации сетей и сооружений на них, взаимной увязке с комплексным развитием города и использованием современных цифровых методов и технологических решений. Сейчас планирование эксплуатации ОКИ базируется на нормативных документах, текущем мониторинге состояния сетей и объемах ремонтных работ. Оно осуществляется разрозненно, что не позволяет выполнять комплексный анализ и прогнозирование и затрудняет своевременное выявление проблем и оптимизацию ресурсов. Авторами было предложено формирование единой цифровой платформы, в основу которой может быть положено цифровое мастер-планирование для управления всеми этапами ЖЦ ОКИ, в частности для разработки сценариев износа и формирования дорожных карт адаптивного планирования эксплуатационных мероприятий.

Из результатов анализа представленных выше исследований можно сделать вывод о том, что отсутствие единого реестра систематизированной информации о расположении, техническом состоянии и параметрах эксплуатации инженерных коммуникаций ведет к негативным последствиям. Без достоверных данных сложно провести эффективное планирование модернизации и своевременные ремонты сетей, что приводит к их быстрому износу и частым авариям. Представленный авторами перечень атрибутов поможет эффективно отслеживать состояние ОКИ в режиме реального времени всем участникам эксплуатационного процесса и в дальнейшем снизить риски возникновения чрезвычайных ситуаций, создающих угрозу для комфорта и безопасности жителей. Он позволит не только контролировать техническое состояние, но и решать проблемы бесхозных сетей, проводить их инвентаризацию, отрегулировать вопросы балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности.

Внедрение мастер-планирования в оперативное управление приносит очевидные преимущества: сокращается время отклика на заявки по обслуживанию и достигается экономия за счет сокращения финансовых затрат и снижения потерь ресурсов, улучшается координация между коммунальными службами, управляющими организациями, подрядчиками, городскими службами. Стандартизация процедур обеспечит оценку принятых решений на непротиворечивость, минимизацию ошибок и стоимости, ресурсную реализуемость решений, ускорение их принятия.

Разработанная система критериев для оценки эффективного использования ЦМП дает возможность обеспечить гибкое реагирование и изменение единой цифровой платформы под потребности субъектов. Разработанные рекомендации по внедрению ЕЦП на основе ЦМП могут быть использованы для развития системы предикативной эксплуатации, повышения качества сервиса потребителей. Дальнейшие исследования лежат в направлении развития систем планирования эксплуатационным процессом на основе применения интеллектуальных систем, IoT и цифровых информационных моделей ОКИ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Зайцев К.А.* К вопросу о предупреждении тенденции роста износа инженерных сетей жилищно-коммунального хозяйства // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова : сб. докл. 2024. С. 67–72. EDN TNCFGP.
2. *Grabovyy P.G., Doan D.H., Nelyubov A.V.* An organizational and economic mechanism for planning the development of systems that are part of the urban utility infrastructure // Real Estate: Economics, Management. 2021. No. 3. Pp. 41–47. DOI: 10.22337/2073-8412-2021-3-41-47. EDN AAYQWT.
3. *León-Romero L.P., Aguilar-Fernández M., Luque-Sendra A., Zamora-Polo F., Francisco-Márquez M.* Characterization of the information system integrated to the construction project management systems // Heliyon. 2024. Vol. 10. Issue 11. P. e31886. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e31886. EDN QNKGYS.
4. *Евтушенко С.И., Куценко М.Д.* Использование технологии дополненной реальности на этапах жизненного цикла объекта капитального строительства // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. № 11. С. 1813–1820. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.11.1813-1820. EDN IOBIMY.
5. *Che-Ghani N.Z., Myeda N.E., Ali A.S.* Operations and Maintenance Cost for Stratified Buildings : a Critical Review // MATEC Web of Conferences. 2016. Vol. 66. P. 00041. DOI: 10.1051/mateconf/20166600041
6. *Dement'eva M.* Integrated technique of planning the capital repair of residential buildings and objects of transport infrastructure // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2017. Vol. 90. P. 012052. DOI: 10.1088/1755-1315/90/1/012052
7. *Крыгин А.А.* Оценка параметров распределения Вейбулла при малом объеме выборки в задачах оптимизации планирования ремонтных работ на инженерных сетях // Управление большими системами : сборник трудов. 2020. № 84. С. 177–197. DOI: 10.25728/ubs.2020.84.9. EDN LTPOYF.
8. *Antipova A., Eremina D., Shakirova T.* The uniform information virtual space of construction organizations as an effective control of the construction process management // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 170. P. 01005. DOI: 10.1051/mateconf/201817001005
9. *Кадышева В.В., Статива Е.Б.* Проблемы методических подходов к определению критериев аварийности жилых зданий в рамках ССТЭ // Недвижимость: экономика, управление. 2024. № S3. С. 232–236. EDN LUGQCS.
10. *Князева Н.В., Назойкин Е.А., Орехов А.А.* Современные подходы к оценке технического состояния строительных конструкций зданий на этапе эксплуатации // Строительство: наука и образование. 2024. Т. 14. № 3. С. 131–142. DOI: 10.22227/2305-5502.2024.3.131-142. EDN XKJHFQ.
11. *Сергеева А.Ю., Русанов Д.И., Мясущев Р.Ю., Сергеев Ю.Д.* Организационно-технологические решения при расчете риска аварий и организации контроля безопасности стройобъекта // Строительство и недвижимость. 2025. № 2 (17). С. 41–46. EDN FFCSJB.
12. *Knedlová J., Bílek O., Sámek D., Chalupa P.* Design and construction of an inspection robot for the sewage pipes // MATEC Web of Conferences. 2017. Vol. 121. P. 01006. DOI: 10.1051/mateconf/201712101006
13. *Дементьева М.Е., Педяш Е.В.* Перспективы интеллектуализации зданий при реконструкции жилой застройки // Научное обозрение. 2017. № 20. С. 167–170. EDN ZRNQCL.
14. *Емельянов М.В.* Особенности разработки перспективных систем мониторинга несущих конструкций зданий и сооружений // Строительство: наука и образование. 2024. Т. 14. № 4. С. 123–131. DOI: 10.22227/2305-5502.2024.4.123-131. EDN ZXIANP.
15. *Dement'eva M., Dement'eva A.* Cartographic modeling for monitoring the technical condition of urban development objects // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 170. P. 01079. DOI: 10.1051/mateconf/201817001079
16. *Шестов А.В., Фамина Н.В., Павлова А.С., Хафизов К.В., Комзалов В.И.* Цифровизация ЖКХ в России: вызовы и перспективы // Экономика строительства. 2025. № 5. С. 280–282. EDN JRYBXJ.
17. *Surkova L.E.* GIS HCS: analytical capabilities of the open section of the system for educational purposes // Real Estate: Economics, Management. 2024. No. 4. Pp. 65–72. EDN VUXXIR.
18. *Чесноков А.С., Чеснокова Е.А., Муковнин С.Ю., Кобова М.Ю.* Улучшение качества работы ЖКХ с применением автоматизированной информационной системы // Строительство и недвижимость. 2024. № 2 (15). С. 179–184. EDN EFCJBV.
19. *Ботарева Е.А.* Совершенствование отрасли жилищно-коммунального хозяйства с помощью ГИС ЖКХ // Наука XXI века: актуальные направления развития. 2022. № 1–1. С. 10–12. DOI: 10.46554/ScienceXXI-2022.03-1.1-pp.10. EDN ZMEUJR.
20. *Гвоздева О.В., Тынышева А.М., Шульженко А.Г., Стародубцева О.С.* Цифровое мастер-планирование — новые горизонты в управлении городскими территориями // Московский экономический журнал. 2025. Т. 10. № 2. С. 164–182. DOI: 10.55186/2413046X_2025_10_2_41. EDN RPNAVY.
21. *Береговских А.Н.* Принципы формирования цифровой информационной модели для эффективного управления развитием территорий на основе комплексного градостроительного проектирования // Вестник евразийской науки. 2024. Т. 16. № 4. С. 10. EDN VXPVOD.

22. Овсянникова М.Н. Эффективность функционирования строительного комплекса на основе применения инновационных решений // Наука XXI века: вызовы, становление, развитие : сб. ст. XXII Междунар. науч.-практ. конф. 2025. С. 95–103. EDN NMFADR.

23. Хавин Д.В., Горбунов С.В., Беккер П.П. Экономические аспекты конкурентоспособности предприятий строительной отрасли с учетом инновационного потенциала // Инновации и инвестиции. 2019. № 7. С. 265–269.

24. Гуринович В.Ю. Комплексное исследование развития индустриального домостроения // Наука и техника. 2022. Т. 21. № 5. С. 397–409. DOI: 10.21122/2227-1031-2022-21-5-397-409. EDN AVHHFG.

25. Альшрайдех М., Енговатов И.А., Морозенко А.А. Структура и содержание платформы управления стадиями жизненного цикла АЭС // Строительство: наука и образование. 2024. Т. 14. № 2. С. 18–31. DOI: 10.22227/2305-5502.2024.2.18-31. EDN SGNHNO.

26. Dement'eva M.E. Planning of Operational and Technological Measures based on Logical and Graphical Modeling // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 988. Issue 5. P. 052026. DOI: 10.1088/1755-1315/988/5/052026

27. Олейник П.П. Основные тенденции развития организации строительного производства // Строительное производство. 2022. № 2. С. 21–25. DOI: 10.54950/26585340_2022_2_21. EDN VEAEPD.

Поступила в редакцию 13 декабря 2025 г.

Принята в доработанном виде 18 декабря 2025 г.

Одобрена для публикации 26 декабря 2025 г.

ОБ АВТОРАХ: **Марина Евгеньевна Дементьева** — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры жилищно-коммунального комплекса; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; SPIN-код: 2467-3290, РИНЦ ID: 309561, Scopus: 57194452801, ResearcherID: Q-3399-2017, ORCID: 0000-0002-1469-7297; 7dem@mail.ru;

Анна Сергеевна Малькова — студент; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; инженер производственно-технического отдела; **ПРАЙМКЕЙ**; 125047, г. Москва, ул. 1-я Тверская-Ямская, д. 23 с1; SPIN-код: 2429-6052, РИНЦ ID: 1193372, ORCID: 0009-0004-6997-7853; malkova_as@bk.ru.

Вклад авторов:

Дементьева М.Е. — идея, научное руководство, формулирование концепции исследования, научное редактирование текста.

Малькова А.С. — сбор материала, обработка материала, проведение исследования, написание исходного текста, доработка текста, итоговые выводы, оформление статьи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Zajcev K.A. On the issue of preventing the trend of increasing wear and tear of utility networks in housing and communal services. *International scientific and technical conference of young scientists of BSTU named after V.G. Shukhov : conference proceedings*. 2024; 67-72. EDN TNCFGP. (rus.).

2. Grabovyy P.G., Doan D.H., Nelyubov A.V. An organizational and economic mechanism for planning the development of systems that are part of the urban utility infrastructure. *Real Estate: Economics, Management*. 2021; 3:41-47. DOI: 10.22337/2073-8412-2021-3-41-47. EDN AAYQWT.

3. León-Romero L.P., Aguilar-Fernández M., Luque-Sendra A., Zamora-Polo F., Francisco-Márquez M. Characterization of the information system integrated to the construction project management systems. *Heliyon*. 2024; 10(11):e31886. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e31886. EDN QNKGYP.

4. Evtushenko S.I., Kuzenko M.D. Use of augmented reality technology at the stages of the life cycle of a capi-

tal construction facility. *Vestnik MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture]*. 2023; 18(11):1813-1820. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.11.1813-1820. EDN IOBIMY. (rus.).

5. Che-Ghani N.Z., Myeda N.E., Ali A.S. Operations and Maintenance Cost for Stratified Buildings : a Critical Review. *MATEC Web of Conferences*. 2016; 66:00041. DOI: 10.1051/mateconf/20166600041

6. Dement'eva M. Integrated technique of planning the capital repair of residential buildings and objects of transport infrastructure. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2017; 90:012052. DOI: 10.1088/1755-1315/90/1/012052

7. Krygin A. Evaluation of the Weibull distribution parameters for small volume of the sample in the problems of optimization of planning repair works on engineering networks. *Large-Scale Systems Control*. 2020; 84:177-197. DOI: 10.25728/ubs.2020.84.9. EDN LTPOYF. (rus.).

8. Antipova A., Eremina D., Shakirova T. The uniform information virtual space of construction organi-

zations as an effective control of the construction process management. *MATEC Web of Conferences*. 2018; 170:01005. DOI: 10.1051/mateconf/201817001005

9. Kadyshcheva V.V., Stativa E.B. Issues of methodical approaches to accident rate of residential buildings determination in term of forensic construction-technical expertise. *Real Estate: Economics, Management*. 2024; S3:232-236. EDN LUGQCX. (rus.).

10. Knyazeva N.V., Nazojkin E.A., Orekhov A.A. Modern approaches to assessing the technical condition of building structures at the operational stage. *Construction: Science and Education*. 2024; 14(3):131-142. DOI: 10.22227/2305-5502.2024.3.131-142. EDN XKJHFQ. (rus.).

11. Sergeeva A.Yu., Rusanov D.I., Myasishchev R.Yu., Sergeev Yu.D. Organizational and technological solutions for calculation of the risk of accidents and organization of safety control of the construction site. *Construction and Real Estate*. 2025; 2(17):41-46. EDN FFCSJB. (rus.).

12. Knedlová J., Bílek O., Sámek D., Chalupa P. Design and construction of an inspection robot for the sewage pipes. *MATEC Web of Conferences*. 2017; 121:01006. DOI: 10.1051/mateconf/201712101006

13. Dement'eva M.E.E., Pedyash E.V. E. Prospects of intellectualizing buildings in the course of housing reconstruction. *Science Review*. 2017; 20:167-170. EDN ZRNCQL. (rus.).

14. Emelyanov M.V. Development of perspective systems of monitoring of load-bearing structures of buildings and constructions. *Construction: Science and Education*. 2024; 14(4):123-131. DOI: 10.22227/2305-5502.2024.4.123-131. EDN ZXIAHP. (rus.).

15. Dement'eva M., Dement'eva A. Cartographic modeling for monitoring the technical condition of urban development objects. *MATEC Web of Conferences*. 2018; 170:01079. DOI: 10.1051/mateconf/201817001079

16. Shestov A.V., Famina N.V., Pavlova A.S., Khafizov K.V., Komzalov V.I. Digitalization of the housing and utilities sector in Russia: challenges and prospects. *Construction Economics*. 2025; 5:280-282. EDN JRYBXJ. (rus.).

17. Surkova L.E. GIS HCS: analytical capabilities of the open section of the system for educational purposes. *Real Estate: Economics, Management*. 2024; 4:65-72. EDN VUXXIR.

18. Chesnokov A.S., Chesnokova E.A., Mukovnin S.Yu., Kobova M.Yu. Improving the quality of housing

and communal services using an automated information system. *Construction and Real Estate*. 2024; 2(15):179-184. EDN EFCJBV. (rus.).

19. Botareva E.A. Improvement of the industry of housing and utilities with the help of GIS HUS. *Science of the 21st Century: Current Development Directions*. 2022; 1-1:10-12. DOI: 10.46554/ScienceXXI-2022.03-1.1-pp.10. EDN ZMEUJR. (rus.).

20. Gvozdeva O., Tynysheva A., Shul'zhenko A., Starodubceva O. Digital master planning — new horizons in the management of urban areas. *Moscow Economic Journal*. 2025; 10(2):164-182. DOI: 10.55186/2413046X_2025_10_2_41. EDN RPWAYG. (rus.).

21. Beregovskikh A.N. Principles of formation of a digital information model for effective management of territorial development based on integrated urban planning. *The Eurasian Scientific Journal*. 2024; 16(4):10. EDN VXPVOD. (rus.).

22. Ovsyannikova M.N. The effectiveness of functioning of the construction complex based on the implementation of innovative solutions. *Science of the XXI century: challenges, formation, development : collection of articles from the XXII International scientific and practical conference*. 2025; 95-103. EDN NMFADR. (rus.).

23. Havin D.V., Gorbunov S.V., Bekker P.R. Economic aspects of competitiveness of enterprises in the construction industry taking into account the innovation potential. *Innovations and Investments*. 2019; 7:265-269. (rus.).

24. Gurinovich V.Yu. The comparative study of the development on prefabricated construction. *Science and Technique*. 2022; 21(5):397-409. DOI: 10.21122/2227-1031-2022-21-5-397-409. EDN AVHHFG. (rus.).

25. Alshraideh M., Engovatov I.A., Morozenko A.A. Structure and content of the NPP life cycle stage management platform. *Construction: Science and Education*. 2024; 14(2):18-31. DOI: 10.22227/2305-5502.2024.2.18-31. EDN SGNNHO. (rus.).

26. Dement'eva M.E. Planning of Operational and Technological Measures based on Logical and Graphical Modeling. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 988(5):052026. DOI: 10.1088/1755-1315/988/5/052026

27. Oleynik P.P. Main development trends organizations of construction production. *Construction Production*. 2022; 2:21-25. DOI: 10.54950/26585340_2022_2_21. EDN VEAEPD. (rus.).

Received December 13, 2025.

Adopted in revised form on December 18, 2025.

Approved for publication on December 26, 2025.

BIODOTES: **Marina E. Dement'eva** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Housing and Public Utilities; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGU)**; 26 Yaroslavl'skoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; SPIN-code: 2467-3290, ID RSCI: 309561, Scopus: 57194452801, ResearcherID: Q-3399-2017, ORCID: 0000-0002-1469-7297; 7dem@mail.ru;

Anna S. Malkova — student; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; engineer of the Production and Technical Department; **PRIMEKEY**; 23 c1, 1st Tverskaya-Yamskaya st., Moscow, 125047, Russian Federation; SPIN-code: 2429-6052, ID RSCI: 1193372, ORCID: 0009-0004-6997-7853; malkova_as@bk.ru.

Contribution of the authors:

Marina E. Dement'eva — scientific guidance, formulation of the research concept and scientific text editing.

Anna S. Malkova — the idea, collecting the material, processing the material, conducting research, writing the source text.

The authors declare that there is no conflict of interest.