

*Пчельников В.Н.,  
кандидат архитектуры, доцент,  
доцент кафедры «Градостроительства и архитектуры»  
Институт «АСиА», ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»  
Россия, г. Симферополь*

*Мосякин Д.С.,  
старший преподаватель кафедры  
«Градостроительства и архитектуры»  
Институт «АСиА», ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»  
Россия, г. Симферополь*

*Яценко Т.Э.,  
студент,  
2 курс, магистр «Градостроительство»  
Институт «АСиА», ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»  
Россия, г. Симферополь*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕНОВАЦИИ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ**

***Аннотация:** В статье рассматривается применение цифровых технологий в реновации городских территорий. Выделены ключевые направления: BIM, цифровые двойники с элементами искусственного интеллекта, платформы соучаствующего проектирования и цифровые системы управления. Отмечена роль интеллектуальных цифровых моделей в прогнозировании, автоматизации процессов и повышении прозрачности. Приведены примеры отечественной и зарубежной практики.*

***Ключевые слова:** реновация городских территорий, цифровые технологии, BIM-моделирование, цифровой двойник, искусственный*

*интеллект, графовые нейронные сети, соучастующее проектирование, умный город.*

**Annotation:** *The article examines the use of digital technologies in urban renovation. The key areas are identified: BIM, digital twins with elements of artificial intelligence, collaborative design platforms, and digital management systems. The role of intelligent digital models in forecasting, process automation, and improving transparency is highlighted. Examples of domestic and international practice are presented.*

**Keywords:** *urban renovation, digital technologies, BIM modeling, digital twin, artificial intelligence, graph neural networks, collaborative design, smart city.*

## **Введение**

Преобразование городских пространств, известное как реновация, является одним из наиболее масштабных и многогранных направлений градостроительной деятельности. Оно охватывает широкий спектр задач: от переселения жителей и демонтажа устаревшего жилого фонда до возведения новых жилых комплексов и модернизации общественных зон. Управление подобными проектами сопряжено с необходимостью обработки колоссальных объемов информации, координации действий многочисленных участников и учета интересов разнообразных групп стейкхолдеров. Как подчеркивается в аналитическом материале, посвященном московской программе реновации, «эффективное управление столь сложной системой требует внедрения инновационных подходов, основанных на цифровом моделировании и искусственном интеллекте» [1].

Стремительное развитие современных цифровых технологий обусловило потребность многих отраслей в разработке и совершенствовании инструментов для обработки, систематизации и наглядного представления данных. В сфере архитектуры и градостроительства цифровые инновации нашли свое воплощение в технологиях информационного моделирования

(BIM), которые демонстрируют высокую эффективность на всех этапах жизненного цикла объекта: от проектирования до строительства и последующей эксплуатации.

**Цель настоящего исследования** – выявить, классифицировать и проанализировать ключевые направления применения цифровых технологий в процессах реновации городских территорий, а также изучить отечественный и международный опыт их практической реализации.

### **Теоретические аспекты цифровизации реновационных процессов Технологии информационного моделирования (BIM)**

Технологии информационного моделирования (BIM – Building Information Modeling) представляют собой комплексный методологический подход к созданию проекта и его параметрической информационной модели, охватывающий весь цикл – от первоначальной концепции до ввода объекта в эксплуатацию. В основу информационной модели закладывается структурированная иерархическая система данных об объекте с дифференцированным уровнем доступа к информации. Все сведения об элементах объекта систематизируются в едином информационном пространстве, которое, по сути, является обширной базой данных, содержащей информацию о технических и эксплуатационных характеристиках, а также данные имущественного, правового и коммерческого характера [2].

BIM-технологии базируются на концепции универсального информационного представления физической модели, включающей архитектурные компоненты, элементы инженерных систем, строительные конструкции, данные о строительной площадке, а также внутренней и окружающей среде. Ключевое преимущество BIM заключается в ориентации на «сквозное» проектирование: это позволяет автоматически синхронизировать графики поставки и расхода материалов, оптимизировать логистические процессы и вести комплексный бухгалтерский учет.

Использование BIM-технологий возможно несколькими способами:

1. Моделирование трехмерной визуализации, максимально точно передающей параметры и особенности объекта;
2. Объединенное хранение данных, при котором все данные по объекту находятся во взаимосвязи на базе единого программного комплекса;
3. Комплексное управление данными, в ходе которого все изменяемые параметры провоцируют автоматический пересчет различных параметров и процессов.

Цифровые двойники (Digital Twin)

### **Цифровые двойники в градостроительстве: от аэрокосмических технологий к городским трансформациям**

Концепция цифрового двойника (Digital Twin) уверенно заняла свое место в арсенале инструментов для управления масштабными городскими проектами. Изначально разработанная для нужд аэрокосмической и производственной сфер, эта передовая технология была успешно адаптирована для решения задач градостроительства [3]. Согласно зарубежным исследованиям, цифровой двойник определяется как «виртуальная копия физической системы (включая ее окружение и процессы), которая постоянно синхронизируется посредством обмена данными между реальным и цифровым мирами».

Применительно к процессу реновации городских территорий, цифровые двойники могут выполнять три ключевые функции:

1. **Прогностический инструмент:** Моделирование различных сценариев развития городской среды.
2. **Централизованное хранилище данных:** Единая база информации об объектах городской инфраструктуры.
3. **Коммуникационная платформа:** Обеспечение эффективного взаимодействия всех участников процесса.

Особое значение приобретает развитие концепции «социального цифрового двойника» (social digital twin), который акцентирует внимание на социальных аспектах городского развития и способствует активному вовлечению жителей.

### **Интеллектуальные цифровые двойники на базе ИИ: новый виток развития реновации**

Наиболее перспективным направлением в области применения цифровых технологий для реновации является создание интеллектуальных цифровых двойников, использующих возможности искусственного интеллекта, в частности, графовых нейронных сетей (GNN) и больших языковых моделей (LLM). В рамках исследования, посвященного московской программе реновации, была предложена многоуровневая архитектура такого двойника, где «цифровая модель городской среды, аналитический модуль и языковой интерфейс формируют единый контур поддержки принятия управленческих решений» [4].

Графовые нейронные сети обладают потенциалом для выявления неочевидных взаимосвязей и прогнозирования рисков в сложных системах, таких как граф переселений и строительных площадок. Как отмечают исследователи, «нейросеть позволит обнаружить скрытые зависимости и предсказать риски в графе переселений и стройплощадок программы реновации, а языковая модель обеспечит "понимание" нормативных документов и проектной документации, позволит отвечать на запросы пользователей и генерировать сценарии развития» [5].

Применение графовых нейронных сетей в строительной отрасли и городском хозяйстве демонстрирует устойчивый рост в последние годы. Исследования подтверждают их эффективность в прогнозировании технического состояния объектов инфраструктуры, мониторинге состояния дорожного покрытия и оптимизации процессов обслуживания. Интеграция нейронных сетей и языковых моделей в рамках цифрового двойника способна

значительно повысить точность планирования, прозрачность и адаптивность программ реновации.

### ВІМ-моделирование в проектах реновации

Использование ВІМ-технологий в процессах реновации и реконструкции территорий открывает обширные возможности, начиная от детального моделирования различных сценариев развития и заканчивая эффективным контролем за воплощением проектных решений. Как подчеркивают белгородские исследователи, применение трехмерного моделирования на основе ВІМ в проектах обновления и переустройства позволяет не только формировать и оценивать эффективность концепций и проектных решений, но и прогнозировать их долгосрочное влияние на развитие территорий [6].

В работе над ВІМ-моделью при реновации территории можно выделить четыре основных этапа:

1. Сбор данных о существующем положении – производится топографическая съемка территории, в том числе с помощью беспилотных летательных аппаратов, формируется база исходных данных.

2. Построение модели существующего положения – создается цифровая модель текущего состояния территории, включая здания, сооружения, инженерные сети.

3. Разработка проектного предложения – моделируются варианты реновации, оцениваются их параметры.

4. Создание дополнительных информационных моделей и детальная проработка объектов – формируются модели отдельных объектов с высоким уровнем детализации.

Эффективность такого подхода подтверждена на примере разработки проекта реновации микрорайона «Савино» в городе Белгороде, где с использованием ВІМ-технологий была обоснована необходимость проведения реновации и разработано проектное предложение.

Цифровые платформы для управления реновационными проектами

Цифровизация процессов управления реновационными программами набирает обороты, и создание унифицированных цифровых платформ становится приоритетной задачей. В столице России, где масштабы программы реновации жилищного фонда не имеют себе равных в мировом контексте, активно ведется разработка единой цифровой экосистемы. Эта система будет тесно интегрирована с существующим цифровым двойником города, обеспечивая комплексный подход к управлению.

В рамках магистерской работы, проведенной в стенах НИУ ВШЭ, были сформулированы детальные функциональные требования к автоматизированному обмену информацией. Речь идет о данных, касающихся объектов капитального строительства, жилых домов, подлежащих расселению, и территорий, предназначенных для нового строительства. Успешная реализация этого проекта обещает обеспечить бесшовное обновление информации о реновации на Цифровом двойнике, наглядное отображение прогресса строительства и процесса переселения в реальном времени, а также повысить прозрачность для горожан и эффективность межведомственного сотрудничества.

Внедрение цифровых платформ для управления реновацией решает следующие задачи:

1. Автоматизация процессов обмена данными между участниками;
2. Визуализация хода строительства и переселения;
3. Интеграция данных из различных информационных систем;
4. Повышение прозрачности процессов для жителей;
5. Оптимизация межведомственного взаимодействия.

Цифровые инструменты соучаствующего проектирования

Важным направлением цифровизации реновации является создание инструментов для вовлечения жителей в процессы принятия решений. Инициативное бюджетирование – инструмент, позволяющий гражданам

напрямую влиять на благоустройство и развитие территорий: предлагать идеи, голосовать, привлекать средства и следить за ходом работ[7].

Цифровые платформы для инициативного бюджетирования обеспечивают:

1. Интеграцию данных с кадастровых карт;
2. Проведение голосования через ЕСИА для обеспечения легитимности;
3. Отображение инициатив на интерактивной карте с визуализацией статусов;
4. Публикацию проектной и сметной документации;
5. Подключение краудфандинга для вовлечения жителей;
6. Анализ цифрового следа инициатив.

"Мировая практика убедительно подтверждает высокую результативность применения цифровых платформ в контексте партисипативного проектирования. Ярким примером служит европейский проект BLUEPRINT (Building Living Urban Ecosystems through Participatory Renovation and Innovation Tools), финансируемый программой Horizon Europe. В его рамках создается инновационное комплексное решение, которое объединяет многоуровневые цифровые двойники, системы поддержки принятия решений на базе искусственного интеллекта, передовые инструменты виртуальной и дополненной реальности, а также специализированные платформы для вовлеченного проектирования.

Особого внимания заслуживает инициатива по созданию цифрового двойника для соучаствующего проектирования в Марокко. Проведенное исследование выявило, что подобная цифровая платформа, интегрирующая детализированные 3D-модели зданий, информационное моделирование (BIM) и интерактивные средства визуализации данных, способна выполнять двойную функцию. Во-первых, она служит централизованным репозиторием данных, значительно улучшая доступность информации для градостроителей

и всех заинтересованных сторон. Во-вторых, она выступает в роли эффективной коммуникационной площадки, способствующей повышению информированности и активному участию общественности [8]."

#### Цифровая инфраструктура для умных городов

Реновация территорий создает возможности для внедрения современных цифровых решений на уровне городской инфраструктуры. В 2025 году компании «Татнефть», «ЭР-Телеком Холдинг» и Ujin представили интегрированные решения для смарт-инфраструктуры малых городов. Комплексный подход включает внедрение современных инженерных решений, развитие энергетической и цифровой инфраструктуры, а также интеграцию умных сервисов в повседневную жизнь жителей.

Ключевые элементы цифровой инфраструктуры включают:

1. Роботизацию городской среды – робот-пожарный, робот-снегоуборщик, робот-косилка и другие виды беспилотной коммунальной техники, работающие автономно;
2. Единую городскую диспетчерскую службу;
3. Платформу умных зданий;
4. Мобильное приложение жителя города;
5. Систему умного видеонаблюдения;
6. Умное освещение и умные остановки.

Развитие технологий открывает новые перспективы и для малых городов. Те возможности, которые еще недавно казались доступными лишь мегаполисам, сегодня становятся реальностью повсюду[9].

Цифровые технологии для сохранения объектов культурного наследия

Особую значимость цифровые технологии приобретают при реновации исторических территорий и объектов культурного наследия. Платформа «Наследие.ДОМ.РФ», созданная ПАО «ДОМ.РФ» совместно с Минкультуры РФ, направлена на привлечение инвесторов к восстановлению объектов

культурного наследия. Цель программы – восстановить не менее 1000 исторических объектов к 2030 году.

Платформа предоставляет:

1. Инвесторам – возможность выбора объекта по интересующим параметрам, изучения его истории и технических характеристик, участия в торгах на выкуп или аренду;
2. Гражданам – шанс предложить свой объект для восстановления, участвовать в выборе его нового использования.

### **Цифровизация в сфере культурного наследия: новые горизонты для сохранения и развития**

Внедрение цифровых технологий в процессы, связанные с объектами культурного наследия (ОКН), открывает значительные возможности. Оно не только способствует надежному сохранению информации о памятниках, но и стимулирует привлечение инвестиций, а также обеспечивает строгий контроль качества реставрационных работ.

### **Вызовы и перспективы цифровой трансформации в контексте реновации**

#### **Идентифицированные барьеры:**

Несмотря на активное освоение цифровых инструментов, сохраняется ряд системных проблем, требующих комплексного подхода:

1. **Фрагментарность информационных систем.** Исследования, в частности анализ московской программы реновации, указывают на существенные затруднения в информационном взаимодействии между различными системами, используемыми в градостроительной деятельности и управлении городской средой.
2. **Отсутствие унифицированных стандартов.** Многообразие программного обеспечения и форматов данных создает препятствия для эффективного обмена информацией между всеми участниками реновационных проектов.

3. **Недоиспользование потенциала искусственного интеллекта.** Несмотря на подтвержденную эффективность графовых нейронных сетей в прогнозировании рисков и оптимизации процессов, их практическое применение в реальных проектах остается ограниченным.

4. **Недостаточная вовлеченность граждан.** Международный опыт демонстрирует, что существующие цифровые инструменты для соучаствующего проектирования нуждаются в дальнейшем совершенствовании для обеспечения подлинного, а не номинального участия жителей.

#### **Перспективные векторы развития:**

Анализ отечественных и зарубежных практик позволяет выделить следующие ключевые направления для дальнейшего развития:

1. **Формирование комплексных цифровых платформ.** Создание интегрированных цифровых экосистем, объединяющих BIM-модели, цифровые двойники, системы управления проектами и интерактивные инструменты для взаимодействия с населением.

2. **Масштабное внедрение AI-решений.** Расширение применения графовых нейронных сетей для прогнозирования технического состояния объектов, оптимизации графиков переселения и раннего выявления потенциальных рисков.

3. **Адаптация решений для малых городов.** Разработка и адаптация цифровых инструментов, успешно зарекомендовавших себя в мегаполисах, к специфическим условиям малых городов и сельских поселений.

4. **Развитие технологий соучаствующего проектирования нового поколения.** Внедрение инструментов дополненной (AR) и виртуальной (VR) реальности для наглядной визуализации проектных решений и активного вовлечения жителей в процессы планирования.

5. **Синхронизация с концепцией «умного города».** Обеспечение гармоничной интеграции процессов реновации с развитием общей цифровой инфраструктуры города.

Заключение

"Глубокий анализ выявляет ряд фундаментальных векторов использования цифровых инноваций в контексте реновации городских пространств:

1. **Информационное моделирование зданий (BIM)** – служит основой для формирования параметрических моделей текущего состояния и проектных концепций, что дает возможность моделировать различные сценарии развития, оценивать их результативность и осуществлять контроль за ходом выполнения.

2. **Цифровые двойники, интегрированные с искусственным интеллектом** – используя графовые нейронные сети и обширные языковые модели, они способны обнаруживать неочевидные взаимосвязи, предсказывать потенциальные риски и предоставлять интеллектуальную поддержку при принятии управленческих решений.

3. **Цифровые экосистемы для управления проектами** – обеспечивают консолидацию информационных систем, автоматизацию обмена данными, наглядное отображение прогресса работ и повышение уровня прозрачности для всех заинтересованных сторон.

4. **Инструментарий для партисипативного проектирования** – способствует активному вовлечению горожан в процессы инициативного бюджетирования, голосования и мониторинга реализации проектов.

5. **Цифровая инфраструктура "умных" городов** – формирует фундамент для внедрения автоматизированных систем управления, роботизации коммунальных служб и общего улучшения качества жизни населения.

Практический опыт внедрения цифровых решений в Москве, Белгороде, а также международные инициативы в Марокко и европейских государствах убедительно демонстрируют эффективность цифровых инструментов для повышения качества планирования, обеспечения прозрачности и адаптивности проектов по реновации. В качестве перспективных направлений для дальнейших научных изысканий выступают вопросы унификации цифровых процессов, оценка экономической целесообразности внедрения цифровых технологий, а также разработка методик обеспечения кибербезопасности цифровых платформ, предназначенных для управления реновационными проектами."

#### Список литературы:

1. Семенов С.А., Аргунов Я.С. Цифровой двойник реновации на основе графовых нейросетей // Промышленное и гражданское строительство. – 2025. – № 12. – С. 35-44. DOI: 10.33622/0869-7019.2025.12.35-44.
2. Олейников А.А., Гнездилов Д.В. Применение BIM-технологий при реновации и реконструкции городских территорий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 9. – С. 95-105.
3. Компании «Татнефть», «ЭР-Телеком Холдинг» и Ujin разработают совместные решения для цифровой реновации малых территорий России // CNews. – 2025. – URL: [https://gov.cnews.ru/news/line/2025-08-26\\_kompanii\\_tatnefter-telekom](https://gov.cnews.ru/news/line/2025-08-26_kompanii_tatnefter-telekom) (дата обращения: 29.03.2026);
4. Gems представит на «Инфотех-2025» платформу, которая меняет подход к инициативному бюджетированию // Инфотех. – 2025. – URL: <http://infotex72.ru/tpost/psgd8b9f61-gems-predstavit-na-infoteh-2025-platform> (дата обращения: 29.03.2026);
5. A digital twin platform for the cocreation of urban regeneration projects. A case study in Morocco // ScienceDirect. – 2025. – URL:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0197397525001432> (дата обращения: 29.03.2026);

6. Мусаева Д.Л.-А. Развитие единой цифровой платформы управления реализацией Программы реновации жилищного фонда города Москвы // ВКР НИУ ВШЭ. – 2025.;

7. Олейников А.А., Гнездилов Д.В. Применение BIM-технологий при реновации и реконструкции городских территорий // Репозиторий БГТУ им. Шухова. – 2024. – URL: <http://dspace.bstu.ru/jspui/handle/123456789/4808> (дата обращения: 29.03.2026);

8. Дайте вторую жизнь историческому объекту // Технопарк Анкудиновка. – 2025. – URL: <https://itpark-nn.ru/dayte-vtoruyu-zhizn-istoricheskomu-obektu/> (дата обращения: 29.03.2026);

9. IES Joins European Partners to Launch BLUEPRINT: New Vision for Participatory, Digital-Led Urban Renovation // Integrated Environmental Solutions. – 2026. – URL: <https://iesve.com/discoveries/view/63266/blueprint-participatory-digital-urban-renovation> (дата обращения: 29.03.2026).