

УДК 332.83

ВЛИЯНИЕ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Е.А. Шарипова

Государственный университет управления, Москва, email: ea_sharipova@guu.ru

Аннотация. В статье анализируется влияние цифровых технологий на эффективность строительной отрасли. Рассматриваются основные инструменты цифровизации, такие как BIM, IoT, AR/VR, 3D-печать и их воздействие на снижение затрат, сокращение сроков строительства и повышение качества проектирования. Освещены примеры успешного применения цифровых решений в строительной практике, в том числе международный опыт. Выявлены ключевые факторы, влияющие на скорость внедрения технологий, а также возможные риски и ограничения цифровизации в данной сфере. Проанализировано как цифровые технологии влияют на строительную отрасль (улучшение коммуникации и совместной работы, улучшенный контроль и безопасность, применение искусственного интеллекта и машинного обучения, создание цифровых моделей). Предложены различные методы автоматизации процесса строительства и управления предприятием с целью уменьшить количество ошибок и задержек в проекте.

Ключевые слова: цифровизация, BIM, IoT, AR/VR, 3D технологии, эффективность, строительство.

IMPACT OF DIGITAL TECHNOLOGY IMPLEMENTATION ON THE EFFICIENCY OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY

E.A. Sharipova

State University of Management, Moscow, email: ea_sharipova@guu.ru

Abstract. The article analyzes the impact of digital technologies on the efficiency of the construction industry. It examines the main tools of digitalization, such as BIM, IoT, AR/VR, and 3D printing, and their impact on reducing costs, shortening construction times, and improving the quality of design. The article highlights examples of successful applications of digital solutions in construction practices, including international experiences. It identifies key factors that influence the speed of technology adoption, as well as potential risks and limitations of digitalization in this field. It analyzes how digital technologies affect the construction industry (improving communication and collaboration, improved control and security, the use of artificial intelligence and machine learning, and the creation of digital models). It also proposes various methods for automating the construction process and enterprise management in order to reduce errors and delays in the project.

Keywords: digitalization, BIM, IoT, AR/VR, 3D technology, efficiency, construction.

Дата поступления статьи в редакцию: 18.07.2025

Дата принятия статьи в печать: 20.08.2025

Введение

Современные технологии все активнее внедряются в строительную отрасль, что ведет к трансформации традиционных подходов и методов. Цифровизация позволяет значительно повысить эффективность на всех этапах жизненного цикла объекта — от проектирования и строительства до его эксплуатации. В условиях урбанизации и роста требований к экологичности, безопасности и энергоэффективности — цифровые решения становятся неотъемлемой частью современных строительных процессов. Строительство микрорайонов с различной социальной инфраструктурой требует комплексного подхода и координации множества участников строительного процесса. Введение цифровых инструментов, таких как информационное моделирование зданий (BIM), интернет вещей (IoT), системы управления проектами, AR/VR-технологии и 3D-печать, позволяет минимизировать ошибки, снизить себестоимость и улучшить контроль за качеством выполнения работ.

Цель исследования

Целью данной статьи является анализ цифровых технологий на экономическую эффективность комплексной застройки микрорайонов, определение основных направлений их внедрения и оценка перспективы развития цифровизации в строительстве.

Результаты исследования

Процесс цифровизации строительной отрасли регулируется Градостроительным кодексом Российской Федерации (ГрК РФ). Согласно Т.Ф. Кузнецовой цифровизация представляет собой такую трансформацию предприятий или целой отрасли экономики, которая основана на использовании информационных технологий в новых моделях построения процессов [1].

С.С. Хомякова определяет термин «цифровизация» как процесс, который претерпевает изменения в связи с внедрением во все сферы жизни общества цифровых технологий [2].

Таким образом, согласно мнению представленных ученых, цифровизация — это процесс превращения традиционных, привычных технологий в цифровые в целях модернизации и оптимизации рабочих процессов. Благодаря внедрению цифровых технологий можно добиться увеличения производительности, сокращения издержек, прозрачности и управляемости процессов. Большинство рутинных задач можно делегировать в исполнение современным технологиям, а человеческий труд использовать в иных целях. Строительная отрасль прошла большой путь от использования бумажных чертежей до внедрения современных цифровых технологий, таких как информационное моделирование зданий (BIM) и Интернет вещей (IoT).

До середины XX века архитекторы и инженеры пользовались бумажными чертежами для проектирования зданий и инфраструктурных объектов. Этот процесс был трудоемким и подверженным ошибкам, а внесение изменений требовало значительных усилий. С появлением систем автоматизированного проектирования (САПР) в 1960-х годах началась цифровая революция в проектировании. САПР позволили создавать точные цифровые чертежи, облегчая процесс редактирования и хранения проектной документации [3].

Следующим этапом эволюции стало развитие BIM-технологий. В 2019г. в статью 1 Градостроительного кодекса Российской Федерации введено понятие «информационная модель объекта капитального строительства» — BIM-модели. BIM представляет собой процесс создания и управления цифровыми моделями, содержащими информацию о физических и функциональных характеристиках объекта. Это позволяет интегрировать архитектурные, инженерные и строительные данные в единую модель, обеспечивая:

- повышенную точность проектирования;
- сокращение количества ошибок и коллизий на стадии строительства;
- улучшение коммуникации между участниками проекта;
- оптимизацию затрат и сроков реализации проектов.

Согласно исследованиям, применение BIM-технологий может снизить реальные затраты на строительство и эксплуатацию объектов.

Далее, произошла интеграция интернет вещей (IoT) в строительство. Такая интеграция представляет собой сеть физических устройств, оснащенных датчиками и программным обеспечением для обмена данными. В строительстве IoT используется для мониторинга состояния строительных конструкций, контроля за оборудованием и обеспечения безопасности на площадке. Интеграция IoT с BIM позволяет создавать «умные» здания, где системы управления климатом, освещением и безопасностью работают автоматически, повышая энергоэффективность и комфорт для пользователей.

Таким образом, переход от бумажных чертежей к цифровым технологиям, таким как BIM и IoT, значительно повысил эффективность, точность и устойчивость в строительной отрасли. Цифровая трансформация строительной отрасли происходит на всех уровнях — от проектирования объектов до управления их эксплуатацией.

Рассмотрим основные технологические решения, применяемые при комплексной застройке микрорайонов:

BIM-технологии.

BIM-технология информационного моделирования включает в себя создание системы управления автоматизированного проектирования инженерных и функциональных свойств объектов. Новые технологии позволяют формировать единую информационную среду, где взаимодействуют все участники строительного процесса. Ключевые возможности BIM:

- создание многомерных моделей объектов (3D, 4D, 5D, 6D);
- расчеты энергоэффективности и инсоляции;
- выявление коллизий на этапе проектирования;
- автоматизированный расчет сметной стоимости;
- моделирование процессов возведения и эксплуатации зданий.

По данным Министерства Строительства применение технологий информационного моделирования снижает затраты на возведение объектов строительства до 20%, а также сокращает процесс проектирования на 30% [4].

К началу 2021 года лишь 12% российских застройщиков активно применяли технологии информационного моделирования (BIM) в процессе проектирования, что стало заметным ростом по сравнению с 2020 годом, когда этот показатель составлял всего 7%. С 1 июля 2024 все новые проекты в долевым строительстве должны проектироваться с применением технологий информационного моделирования. Однако, несмотря на этот шаг, к октябрю 2024 года лишь 26% застройщиков внедряли или тестировали BIM-технологии в жилищном строительстве. Таким образом, даже при наличии законодательных требований, их повсеместное распространение в отрасли остается ограниченным, но стремительно набирающим обороты решением.

Управление строительными проектами.

Программные инструменты управления строительными проектами помогают осуществлять контроль за процессом работ, выделенными ресурсами и бюджетом в режиме непосредственного выполнения. Основные функциональные возможности таких систем:

- планирование работ и распределение ресурсов;
- отслеживание движения материалов на строительную площадку;
- контроль выполнения графика строительства;
- управление договорными отношениями с подрядчиками;
- автоматизация документооборота.
- бюджетирование и контроль расходов.

Внедрение подобных систем позволяет повысить прозрачность процессов, оперативно выявлять отклонения от графика и принимать своевременные управленческие решения.

IoT и «умные» строительные площадки.

Интернет вещей (IoT) в строительстве представлен системами датчиков, сенсоров и устройств, собирающих данные о состоянии конструкций, микроклимате, расходе материалов и перемещении техники. На основе этих данных формируется цифровой двойник строительной площадки, позволяющий:

- отслеживать местоположение рабочих и техники;
- контролировать расход материалов и предотвращать хищения;
- мониторить состояние строительных конструкций;
- оптимизировать логистические процессы;
- обеспечивать безопасность труда.

По оценкам международной консалтинговой компании McKinsey, внедрение IoT в строительстве способно сократить сроки реализации проектов на 15-20% и снизить затраты на логистику до 10%.

Дроны и роботизированная техника.

Беспилотные летательные аппараты и роботизированные системы все активнее применяются на строительных площадках для:

- аэрофотосъемки и создания точных топографических планов;
- мониторинга хода строительства;
- инспекции труднодоступных участков конструкций;
- автоматизации однотипных операций (укладка кирпича, отделочные работы);
- лазерного сканирования для контроля качества.

Применение данных технологий особенно эффективно при комплексной застройке микрорайонов, где требуется координация множества процессов на обширной территории.

Технологии дополненной и виртуальной реальности.

Сегодня архитекторы, инженеры и строители используют AR (дополненную реальность) и VR (виртуальную реальность), чтобы проектировать здания, обучать персонал и минимизировать ошибки на строительной площадке. Эти технологии не просто улучшают визуализацию — они позволяют взаимодействовать с будущими объектами, еще до того, как они появятся в реальности.

Виртуальная реальность — это цифровая среда, в которую пользователь погружается с помощью специальных очков или шлема. В строительстве VR используется на самых разных этапах:

— проектирование и презентация. Теперь не нужно воображать, как будет выглядеть здание по чертежам — достаточно надеть VR-шлем, и ты уже внутри будущего дома, можешь оценить планировку, высоту потолков и даже посмотреть, как падает свет из окон.

– обучение и тренировки. Строительные ошибки обходятся дорого, поэтому компании все чаще обучают рабочих и инженеров в виртуальной среде. Например, можно потренироваться управлять краном или проверить, как правильно монтировать конструкции, не подвергая людей риску.

– испытание инженерных решений. VR позволяет моделировать нагрузки, поведение материалов и прочность конструкций, предотвращая дорогостоящие просчеты еще на этапе проектирования.

Дополненная реальность (AR) работает иначе: она не создает новый мир, а дополняет существующую среду цифровыми элементами. Для этого используются специальные очки или просто планшеты и смартфоны.

– строительство без ошибок. Рабочие могут смотреть через AR-устройство на объект и видеть, как должны располагаться конструкции, трубы или электропроводка – прямо поверх реального здания. Это снижает вероятность неправильного монтажа.

– контроль соответствия проекта. Инженеры могут на ходу сверять планы и реальное исполнение, мгновенно замечая расхождения. Если стена возведена не там, где нужно, это можно увидеть сразу, а не после того, как будут закончены основные работы.

– упрощение работы с документацией. Вместо того чтобы листать громоздкие чертежи, строитель может просто навести камеру смартфона на объект – и увидеть все нужные данные в дополненной реальности.

Использование AR/VR позволяет сократить количество ошибок при строительстве на 25–30% и повысить продажи квартир на этапе строительства на 15–20%.

3D-печать.

Данная технология стремительно преобразует строительную отрасль, предлагая инновационные подходы к возведению зданий и инфраструктуры. Она позволяет создавать строительные элементы или целые сооружения с помощью послойного нанесения материалов, таких как бетон или глина, что значительно ускоряет процесс строительства и снижает затраты.

Преимущества 3D-печати в строительстве:

– скорость возведения: 3D-принтеры способны существенно сокращать сроки строительства. Например, в Австралии компания Luyten возвела четырехкомнатный дом за пять недель, из которых три недели занимала сама печать, две недели – установка крыши, освещения и других систем.

– экономическая эффективность: применение 3D-печати позволяет снизить затраты на строительство. В вышеупомянутом австралийском проекте отмечается снижение расходов на 25–30% по сравнению с традиционными методами.

– экологичность: 3D-печать способствует уменьшению строительных отходов и позволяет использовать экологически чистые материалы. Например, дом «Tecla» в Италии был полностью напечатан из смеси местной глины и воды, демонстрируя потенциал устойчивого строительства.

Комплексная застройка микрорайонов с социальной инфраструктурой сталкивается с рядом специфических проблем:

- нескоординированность действий участников строительного процесса;
- неэффективное использование ресурсов;
- повышенные риски отклонений от проектной документации;
- недостаточная энергоэффективность объектов и т. д.

Значительная часть этих проблем может быть эффективно решена за счет внедрения цифровых технологий.

При возведении микрорайона задействованы десятки подрядных организаций, проектировщиков и поставщиков материалов. Отсутствие единой информационной среды приводит к нестыковкам в графиках работ, простоям техники и человеческих ресурсов. Цифровые платформы управления проектами и, например, BIM-системы обеспечивают:

- синхронизацию графиков работ различных подрядчиков;
- единый источник актуальной проектной документации;
- оперативное внесение изменений и уведомление всех заинтересованных сторон;
- прозрачность взаимодействия между участниками процесса.

Лидером в использовании цифровых технологий в строительстве выступает Китайская народная республика (КНР).

Китай демонстрирует впечатляющие результаты в области цифровизации строительства, особенно в контексте быстрой застройки городских микрорайонов. Страна активно внедряет передовые технологии для повышения эффективности и качества строительства. Данную тенденцию активно поддерживает государство.

Правительство Китая играет ключевую роль в развитии цифровых технологий в строительной отрасли. Китайские застройщики своевременно внедряют автоматизированные технологии для улучшения проектирования и управления строительными проектами. Это позволяет им:

- сократить сроки проектирования и строительства;
- уменьшить количество ошибок и переработок;
- оптимизировать использование ресурсов.

Кроме того, технологии, такие как 3D-печать, дроны и робототехника, используются для повышения точности и скорости строительства.

Одним из ярких примеров является строительство 57-этажного небоскреба Mini Sky City в городе Чанша, который был возведен всего за 19 дней благодаря модульному строительству и цифровым технологиям. Еще один значимый проект — создание «умного города», где цифровые технологии применяются на всех этапах: от планирования до эксплуатации инфраструктуры.

Опыт Китая показывает, что интеграция цифровых технологий в строительстве позволяет значительно ускорить процессы, повысить качество и снизить затраты. Этот подход служит примером для других стран, стремящихся к эффективной и устойчивой урбанизации [5].

Между Россией и Китаем на регулярной основе проводится обмен опытом по широкому кругу профильных вопросов в области строительства, идет проработка совместных мероприятий с целью популяризации строительных профессий.

В текущих условиях функционирования мировой экономики в новых геополитических реалиях независимость цифровой инфраструктуры в строительстве является важным аспектом для защиты безопасности отрасли и страны в целом.

Выводы

Цифровая трансформация строительной отрасли демонстрирует высокую экономическую эффективность на всех этапах жизненного цикла объектов. Инвестиции в цифровые технологии многократно окупаются за счет оптимизации процессов проектирования, строительства и эксплуатации.

Особую ценность цифровизация представляет именно для комплексных проектов, где требуется координация множества взаимосвязанных процессов и учет разнообразных факторов — от технических и экономических до социальных и экологических. Цифровые технологии позволяют достичь оптимального баланса между экономической эффективностью и социальной значимостью проектов, что критически важно для формирования комфортной и устойчивой городской среды.

Вместе с тем, следует отметить, что цифровая трансформация требует не только технологической модернизации, но и изменения организационной культуры строительных компаний, повышения квалификации персонала, разработки новых методик оценки эффективности. Необходимы также изменения в нормативно-правовой базе, которая должна соответствовать возможностям современных технологий и стимулировать их внедрение.

Опыт передовых российских и китайских компаний свидетельствует о том, что цифровизация строительства — это не просто технологический тренд, а необходимое условие для повышения конкурентоспособности и устойчивого развития отрасли в долгосрочной перспективе. Компании, игнорирующие необходимость цифровой трансформации, рискуют утратить рыночные позиции в ближайшие годы.

Таким образом, внедрение цифровых технологий в процессы комплексной застройки микрорайонов представляет собой не просто способ повышения экономической эффективности, но и стратегическое направление развития, обеспечивающее долгосрочные конкурентные преимущества и возможность создания по-настоящему современной, комфортной и рациональной городской среды.

Литература

1. Дудин М.Н. Толмачев О.М. Практика внедрения информационных технологий в строительной отрасли // Вопросы инновационной экономики. 2017. С. 407-416.
2. Григорьев Д.С. Современные взгляды на роль цифровых технологий в обеспечении экономической безопасности строительной отрасли // Инновации и инвестиции. 2023. № 8. С. 339-344.
3. Травуш В.И. Цифровые технологии в строительстве // Academia. Архитектура и Строительство. 2018. № 3. С. 107-117.
4. Веккер А.И. Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства // Шаг в науку. 2021. № 4. С. 40-45.
5. Джан Л., Чен С. Цифровая экономика Китая: возможности и риски // Вестник международных организаций: образование, наука, новая экономика. 2019. Т. 14. № 2. С. 275-303.