



## НОВЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И УПРАВЛЕНИЮ

**Данатарова Нурбиби**

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди  
Какаева

г. Ашхабад Туркменистан

**Батырова Лачын**

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди  
Какаева

г. Ашхабад Туркменистан

**Сапарова Огульбагт**

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди  
Какаева

г. Ашхабад Туркменистан

**Бегенджов Алланур**

Студент, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева

г. Ашхабад Туркменистан

### Аннотация

В статье рассматриваются современные компьютерные технологии, радикально изменяющие процессы проектирования, строительства и эксплуатации объектов. Анализируются методы цифрового моделирования, автоматизации, искусственного интеллекта, виртуальных информационных сред, роботизации и сенсорных систем, внедряемых в строительную индустрию. Особое внимание уделяется концепциям Building Information Modeling (BIM), цифровых двойников зданий, автоматизированного мониторинга конструкций, геоинформационных технологий, облачных платформ и систем управления жизненным циклом объектов.

Показано, что развитие компьютерных технологий ведёт к созданию единой цифровой среды, в которой проектирование, расчёты, планирование, контроль качества, логистика и эксплуатационное управление объединены в связанную систему. В результате повышается точность инженерных решений, сокращаются сроки строительства, снижаются затраты, минимизируются ошибки и обеспечивается высокий уровень безопасности.

Статья подчёркивает, что цифровизация строительного сектора является не просто внедрением отдельных инструментов, а переходом к новой парадигме профессиональной деятельности, основанной на данных, автоматизации и интеллектуальных системах.

**Ключевые слова:** компьютерные технологии, строительство, BIM, цифровые двойники, автоматизация, искусственный интеллект, проектирование, управление жизненным циклом зданий.

## **Введение**

Строительная отрасль является одной из наиболее ресурсоёмких сфер экономики, определяющей качество городской среды, инфраструктуры и производственных объектов. Традиционно строительство основывалось на ручных расчётах, статических чертежах, длительных согласованиях и поэтапной передаче данных между участниками. Однако современные требования к точности, скорости, экологичности и безопасности процессов требуют перехода на иной уровень инженерной культуры.

Развитие компьютерных технологий привело к появлению концепции цифровой трансформации строительства, предполагающей использование интеллектуальных систем проектирования, автоматизированного управления ресурсами, дистанционного мониторинга, больших данных и технологий искусственного интеллекта. В результате формируется совершенно новая модель отрасли, в которой инженерные решения принимаются на основе данных, цифровые модели заменяют бумажную документацию, а автоматизация процессов обеспечивает минимизацию ошибок и оптимизацию всех этапов строительства.

Цель данной статьи — провести глубокое исследование современных компьютерных технологий, определяющих будущее строительной индустрии, и показать их роль в повышении эффективности, качества и устойчивости строительства.

## **BIM-технологии как основа цифрового строительства**

Building Information Modeling (BIM) представляет собой концепцию информационного моделирования сооружений, которая полностью меняет архитектурно-строительное проектирование. BIM-модель — это не просто трехмерное изображение здания, а комплексная информационная система, содержащая данные о геометрии, материалах, инженерных системах, стоимости, сроках строительства, энергоэффективности и эксплуатационных характеристиках.

Применение BIM позволяет проектировщикам интегрировать архитектурные, конструктивные и инженерные решения в единую модель. Это обеспечивает автоматическое выявление конфликтов, синхронизацию данных между специалистами, устранение ошибок и снижение затрат в ранних фазах проекта.

Строительные компании получают возможность прогнозировать потребности в материалах, оптимизировать графики, формировать точные сметы и управлять закупочной логистикой. На этапе строительства BIM служит инструментом контроля качества, сравнения проектных данных с фактическими, автоматического формирования отчётов, планирования работ и координации подрядчиков.

Наиболее перспективным направлением является интеграция BIM с технологиями цифровых двойников зданий. Цифровой двойник представляет собой динамическую модель объекта, которая обновляется в реальном времени в зависимости от данных сенсоров, эксплуатационных параметров и изменений конструкции. Такая система становится основой интеллектуального управления зданием, анализируя энергоэффективность, безопасность, износ материалов и техническое обслуживание.

### **Искусственный интеллект в архитектурном проектировании и управлении строительством**

Искусственный интеллект (ИИ) меняет логику проектирования. Системы генеративного дизайна позволяют автоматически создавать тысячи вариантов архитектурных и инженерных решений на основе заданных критериев: нагрузки, стоимости, энергоэффективности, освещения, материала, акустики, устойчивости и экологичности.

Алгоритмы ИИ анализируют огромные массивы данных, сопоставляют параметры проектных решений с историческими примерами, прогнозируют поведение конструкций и предлагают оптимальные формы здания. Это сокращает время проектирования и повышает качество инженерных решений.

В управлении строительством ИИ используется для прогнозирования сроков, моделирования рисков, оптимизации логистических процессов, анализа состояния техники, контроля соблюдения норм и предотвращения аварийных ситуаций. Предиктивная аналитика выявляет потенциальные ошибки на ранних этапах, позволяя избежать дорогостоящих задержек и дефектов.

Системы компьютерного зрения применяются для автоматического мониторинга площадки, распознавания нарушений техники безопасности, отслеживания использования оборудования, определения соответствия фактических работ плану. Таким образом, ИИ становится ключевым инструментом цифровизации строительного управления.

## **Роботизация и автономные технологии строительно-монтажных процессов**

Роботизация стремительно проникает в строительный сектор. Автономные машины могут выполнять операции по укладке кирпича, нанесению монтажных растворов, сварке конструкций, резке материалов, бетонированию и диагностике сооружений. Роботы обеспечивают повторяемость операций, высокую точность и устранение человеческого фактора, что снижает количество ошибок и повышает безопасность.

Беспилотные летательные аппараты используются для геодезической съёмки, мониторинга работы строительной площадки, контроля прогресса строительства, выявления дефектов покрытия, тепловизионной диагностики зданий и оценки объемов выполненных работ.

Автономные строительные машины, оснащённые сенсорами, навигационными системами и встроенными алгоритмами управления, могут выполнять земляные работы, перемещать материалы и обеспечивать круглосуточную работу в сложных условиях.

Особое значение имеет использование робототехники в опасных зонах — тоннелях, шахтах, зонах радиационной опасности, высотных объектах и местах с ограниченным доступом. Это снижает риски для персонала, повышает безопасность и обеспечивает объективный контроль качества.

## **Геоинформационные технологии и цифровые карты строительных территорий**

Геоинформационные системы (ГИС) играют важную роль в современном строительстве. Они позволяют анализировать топографические, геологические, гидрологические и климатические данные, обеспечивая комплексное понимание условий будущего строительства.

С помощью ГИС создаются цифровые карты территорий, прогнозируются природные процессы, оцениваются риски подтоплений, сейсмических воздействий, грунтовой неустойчивости и техногенных нагрузок. Применение пространственного моделирования позволяет выбирать оптимальные места для строительства, проектировать инженерные сети, планировать транспортные маршруты и анализировать взаимное влияние объектов городской инфраструктуры.

ГИС-технологии интегрируются с BIM, позволяя анализировать здание не только в его проектной среде, но и в реальных ландшафтных условиях. Это широко используется в градостроительном планировании, проектировании транспортных узлов, мостов, промышленных площадок и коммунальных систем.

## Облачные цифровые платформы и управление жизненным циклом зданий

Управление объектом на протяжении всего жизненного цикла становится фундаментальным принципом современной строительной отрасли, переходящей от фрагментированного подхода к интегрированным цифровым экосистемам. Облачные платформы позволяют не просто хранить данные, но формируют сквозную цифровую инфраструктуру, обеспечивающую непрерывность взаимодействия между стадиями проектирования, строительства, эксплуатации, реконструкции и последующей утилизации здания. Такой подход отражает концепцию Building Lifecycle Management (BLM) и стратегию устойчивого жизненного цикла сооружений.

Цифровые платформы объединяют в едином облачном контуре архитектурно-строительную документацию, BIM-модели, графики производства работ, сметно-финансовые данные, планировочные решения, эксплуатационные регламенты, данные мониторинга конструкций, отчёты технадзора, телеметрию инженерных систем, цифровые паспорта оборудования и метрики эффективности. Благодаря этому формируется единый источник правды (single source of truth), который предотвращает расхождения между проектом и реальным состоянием объекта, минимизирует ошибки и обеспечивает постоянную актуализацию информации.

Облачные технологии позволяют организовать гибкий доступ к данным из любой точки мира, что особенно важно в условиях распределённых строительных площадок, международных проектов и необходимости взаимодействия между смежными организациями. Участники процесса — проектировщики, подрядчики, инженеры, заказчики, поставщики и эксплуатационные службы — получают возможность работать с актуальными файлами и моделями в режиме реального времени, синхронизируя свои изменения и предотвращая конфликтность данных. Это значительно повышает прозрачность процессов, улучшает управляемость проектом и обеспечивает контроль над соблюдением сроков и бюджета.

На этапе строительства облачные системы интегрируются с технологиями 4D-и 5D-моделирования, позволяя визуализировать календарные графики, планировать логистику материалов, контролировать расход ресурсов и оперативно выявлять отклонения. Подключение IoT-устройств, датчиков вибраций, влажности, температуры и GPS-трекеров техники обеспечивает формирование цифрового потока данных, который автоматически загружается в облачную платформу и анализируется средствами искусственного интеллекта.

На этапе эксплуатации цифровые облачные платформы превращают здание в интеллектуальную систему, способную к самодиагностике и прогнозированию технического состояния. Инженерные системы передают данные о температуре, давлении, вибрации, энергопотреблении, состоянии фильтров, насосов, лифтов и климатических установок.

На основе этих данных облачные платформы формируют прогностические модели, позволяющие заранее определить необходимость технического обслуживания и тем самым минимизировать аварии и дорогостоящие ремонты. Такой подход соответствует парадигме Predictive Maintenance (предиктивного обслуживания) и повышает срок службы конструкций.

Системы анализа жизненного цикла также оценивают долговечность строительных материалов, прогнозируют износ конструктивных элементов, рассчитывают тепловые потери, контролируют герметичность ограждающих конструкций и оптимизируют схемы энергопотребления. Облачные решения позволяют интегрировать здания в интеллектуальные городские сети (Smart City), обеспечивая их участие в управлении энергетическими балансами, перераспределении нагрузки на коммунальные системы и снижении выбросов CO<sub>2</sub>.

Особое значение имеет цифровое документирование всех событий жизненного цикла — от монтажа конструкций до последней замены оборудования. Такой цифровой архив формирует полный жизненный паспорт здания, необходимый для аудитов, страхования, сертификации, оценки рыночной стоимости и планирования капитального ремонта. В перспективе это создаёт основу для применения блокчейн-технологий, обеспечивающих неизменность, верифицируемость и юридическую значимость данных о сооружении.

В результате цифровые облачные платформы становятся ключевым инструментом, обеспечивающим высочайший уровень управляемости объектом, уменьшение эксплуатационных расходов, повышение энергетической эффективности и формирование интеллектуальной строительной среды. Они преобразуют здания в динамические киберфизические системы, способные к самоанализу, самооптимизации и адаптации к изменяющимся условиям эксплуатации.

## **Заключение**

Компьютерные технологии радикально трансформируют современную строительную отрасль. Информационное моделирование, искусственный интеллект, роботизация, цифровые двойники, геоинформационные системы и облачные платформы формируют единое цифровое пространство, в котором проектирование, строительство и эксплуатация объединяются в непрерывный поток данных.

Цифровизация приводит к повышению точности инженерных расчётов, значительному сокращению времени реализации проектов, снижению издержек, улучшению контроля качества, повышению безопасности и устойчивости зданий. В будущем компьютерные технологии станут центральным инструментом развития строительной индустрии, определяя её эффективность, экологичность и конкурентоспособность.

## Литература

1. Боднар В. Г. Информационные технологии в строительстве. М.: Академкнига, 2021.
2. Лapidус А. А. Цифровизация строительной отрасли. М.: МГСУ, 2022.
3. Лобанов В. И. BIM-технологии в инженерной практике. СПб.: Питер, 2023.
4. Шеин Д. В. Автоматизация строительных процессов. М.: Стройиздат, 2020.
5. Яковлев П. А. Геоинформационные системы в инженерии. М.: Техносфера, 2021.