

УДК 33**Применение строительной информационной модели для
оптимизации процессов управления проектами в строительстве****Елисеева Екатерина Юрьевна**

Кандидат психологических наук, доцент,
Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет,
129337, Российская Федерация, Москва, ш. Ярославское, 26;
e-mail: eliskati2008mail@ru

Чеченов Тенгиз Ильясович

Студент,
Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет,
129337, Российская Федерация, Москва, ш. Ярославское, 26;
e-mail: t_chechenov@mip.institute

Медведько Виктория Владимировна

Студент,
Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет,
129337, Российская Федерация, Москва, ш. Ярославское, 26;
e-mail: v_medvedko@mip.institute

Аннотация

Статья посвящена изучению вопроса применения строительной информационной модели (СИМ) для оптимизации процессов управления проектами в строительстве. В условиях современных вызовов, таких как необходимость повышения эффективности, сокращения сроков и снижения затрат, использование СИМ и информационных технологий становится ключевым фактором успешного управления проектами. В статье рассматриваются основные принципы и преимущества внедрения СИМ, включая улучшение координации между участниками проекта, повышение точности проектирования и уменьшение количества ошибок на всех этапах строительства. Авторы анализируют существующие подходы к управлению проектами и выделяют недостатки традиционных методов, таких как недостаточная интеграция информации и сложности в коммуникации между различными участниками процесса. В современных реалиях требуются полная включенность управленца для того, чтобы постоянно отслеживать новые цифровые технологии, адаптивность, полный контроль и своевременное реагирование на разного рода изменения, которые могут быть связаны как с внутренней средой проекта, так и со внешней. Интеграция инноваций в процесс строительства служит

помощником для управления рисками, анализом и мониторингом проекта. Целью работы является обоснование преимуществ применения строительной информационной модели в технологии информационного моделирования. Сделан вывод о том, что в результате применения СИМ происходит создание единой информационной среды, что позволяет значительно улучшить взаимодействие и прозрачность на всех этапах проекта – от планирования и проектирования до строительства и эксплуатации. Рассмотрены примеры успешного применения СИМ в различных строительных проектах, демонстрирующие его влияние на сокращение сроков выполнения работ и оптимизацию затрат. Подчеркивается важность дальнейшего развития СИМ и интеграции технологий в практику управления проектами, что позволит повысить конкурентоспособность строительных компаний и улучшить качество реализуемых объектов. Применение строительной информационной модели является перспективным направлением для достижения устойчивого развития в строительной отрасли.

Для цитирования в научных исследованиях

Елисеева Е.Ю., Чеченов Т.И., Медведько В.В. Применение строительной информационной модели для оптимизации процессов управления проектами в строительстве // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2025. Том 15. № 4А. С. 126-141.

Ключевые слова

Информационная модель, строительная информационная модель (СИМ), BIM, цифровые технологии, управление проектами, оптимизация, эффективность, строительство.

Введение

Строительная сфера, в отличие от производственных отраслей, постоянно подвержена влиянию меняющихся технологий и требованиям рынка. Управление строительными проектами все чаще осуществляется современным способом, ориентированным на то, как эффективно будет работать команда, как будут сокращаться риски при работе с проектом и как будет проходить оптимизация различных процессов внутри проекта [Христофович, Фёдоров, 2024]. Специалисты в области архитектуры, проектирования и строительства постоянно сталкиваются с трудностями при реализации проектов в рамках бюджета и графика. В связи с этим использование технологии информационного моделирования в строительной отрасли имеет большой потенциал и перспективы, позволяющие смоделировать объект строительства, тем самым внести наглядность в процесс возведения объекта строительства [Шлепнёва, Суховерхов, 2023]. Цифровые технологии помогают управленцу и всем причастным к проекту успешно закончить строительство в срок, с наименьшими затратами и минимизацией рисков [Христофович, Фёдоров, 2024].

В Проекте ГОСТ Р 10.02.3008-202X «Единая система информационного моделирования. Строительная информационная модель. Правила построения» приводится следующее определение строительной информационной модели (СИМ) как динамической информационной модели строительного производства, используемой для его планирования и организации, а также мониторинга и регулирования хода работ. СИМ должна создаваться на базе цифровой информационной модели и документации, сформированных при изысканиях и

архитектурно-строительном проектировании объекта капитального строительства, и актуализируется по фактическим результатам хода работ [Пименов, 2022]. Формирование строительной информационной модели обеспечивает согласованность и достоверность данных от этапа планирования до завершения строительства [Пименов, 2022].

Строительная информационная модель строится на основании информационных технологий. Как отмечают авторы [Вайсман, Байбурин, 2016], на сегодняшний день в России отсутствуют другие нормативные документы, регулирующие разработку организационно-технологических решений с использованием технологий информационного моделирования (ТИМ), в то время как в Финляндии [Common BIM Requirements 2012, 2012], США [National BIM standard – United States, 2012], Великобритании [PAS 1192-2:2013. Specification for information management..., 2013], Сингапуре [Singapore BIM Guide, 2013], Новой Зеландии [New Zeland BIM Handbook, 2014], Канаде [AEC (CAN) BIM protocol, 2012] и других странах существуют национальные BIM-стандарты, предусматривающие разработку ППР строительным подрядчиком с использованием ТИМ. Несмотря на развитие технологии информационного моделирования, можно заметить сравнительное ее отставание в России от ряда зарубежных стран (Великобритания, США, Сингапур, Германия, Франция), где применение BIM, как аналога ТИМ, уже стало популярным и позволяет делать выводы об успехах в строительстве, которые отражены в его высокой скорости, объемах и качестве, а также в повышении экономической эффективности [Гинзбург, 2016]. В рамках разработки национальных BIM-стандартов для организационно-технологических решений [Пакидов, 2014] сформирован принцип расширения применения ТИМ на стадии строительства. А также имеется отечественный опыт применения технологии информационного моделирования для объектов повышенной опасности [Agafonov, 2013].

Информационное моделирование зданий (BIM) является одним из наиболее перспективных направлений в архитектуре, инжиниринге и строительстве. Основа технологии BIM – это процессы, способы совместной работы с информацией об объекте строительства. Процессы регулируют работу с BIM-моделью, которая состоит из интеллектуальных объектов и параметрических взаимосвязей. Для каждого этапа работы над проектом прописан уровень детализации BIM-модели. Это позволяет принимать управленческие решения, имея всю необходимую информацию и при этом не перегружая модель. BIM охватывает все этапы жизненного цикла сооружения: планирование, составление технического задания, проектирование и анализ, выдача рабочей документации, производство, строительство, эксплуатация и ремонт, демонтаж [Носко, Дашкевич, 2016].

С помощью технологии BIM одна или несколько точных виртуальных моделей здания создаются в цифровом формате. Они поддерживают проектирование на всех его этапах, обеспечивая лучший анализ и контроль, чем ручные процессы. После завершения эти компьютерные модели содержат точную геометрию и данные, необходимые для поддержки работ по строительству, изготовлению и закупкам, с помощью которых создается здание [Eastman, Teicholz, Sacks, Liston, 2011]. Технология BIM получила широкое распространение в строительной отрасли. Данная технология позволяет создавать и конструировать краткую виртуальную модель проекта в цифровом формате. Цифровая информационная модель объекта строительства – это совокупность взаимосвязанных инженерно-технических и инженерно-технологических данных об объекте строительства, представленных в цифровом объектно-пространственном виде. Цифровая информационная модель (трехмерная модель) – это электронный документ в составе информационной модели объекта строительства,

представленный в цифровом объектно-пространственном виде. Примерами цифровой информационной модели (ЦИМ) являются цифровая информационная модель объекта строительства, инженерная цифровая модель местности и пр. [СП 333.1325800.2020 Свод правил информационное моделирование в строительстве]. BIM помогает участникам строительной отрасли визуализировать проектируемое здание до начала строительства. Эта деятельность по предварительному планированию помогает выявить потенциальные проблемы, связанные с проектированием, строительством и эксплуатацией [Kwame, 2023].

Целью работы является обоснование преимуществ применения строительной информационной модели в технологии информационного моделирования.

Предметом данного исследования является анализ применения строительной информационной модели в процессе управления проектами в строительстве. Актуальность темы обусловлена необходимостью повышения прозрачности, координации и точности на всех этапах реализации строительных проектов, что, в свою очередь, способствует сокращению затрат и времени на их выполнение. Научная новизна работы заключается в систематизации современных подходов к внедрению информационных технологий и оценке их влияния на процессы управления проектами, что позволяет выявить ключевые факторы успешной реализации при строительстве.

Практическая значимость исследования заключается в возможности применения полученных результатов для оптимизации процессов управления в строительных компаниях, что может привести к улучшению качества выполняемых работ и повышению их эффективности.

Материалы и методы

В рамках изучения аспектов применения строительной информационной модели (СИМ) для оптимизации процессов управления проектами в строительстве нами рассмотрены процессы управления проектами в строительстве, приведена краткая информация об информационных программах, используемых в данных процессах, рассмотрены подходы, применяемые в управлении проектами различными авторами. В основу работы BIM закладывается принцип создания единой информационной модели, описывающей реальный строительный объект, что ведет к увеличению трудозатрат и финансовых издержек на этапе разработки модели, однако в результате автоматически получают практически готовую проектную документацию, с которой можем работать дальше. BIM также включает в себя многие функции, необходимые для моделирования жизненного цикла здания, обеспечивая основу для новых возможностей проектирования и строительства, а также изменений в ролях и взаимоотношениях между проектной командой. При правильном внедрении BIM облегчает более интегрированный процесс проектирования и строительства, что приводит к созданию зданий более высокого качества при меньших затратах и сокращении продолжительности проекта.

Результаты исследования

Современные подходы к управлению строительными проектами нацелены на повышение эффективности, снижение рисков и оптимизацию процессов [Литвиненко, 2023] 10. Данное направление в развитии строительстве обуславливает специальный подход к возведению, оснащению, обеспечению, эксплуатации и ремонту здания, включающий сбор и комплексную обработку в процессе проектирования архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации о возводимом сооружении [Шемякина, 2020].

Строительные информационные системы включают проектные информационные модели (ПИМ), которые уже получили относительно широкое распространение. Так, на этапе проектирования объектов капитального строительства освоены десятки программных обеспечений и разработаны тысячи проектных моделей, организовано электронное взаимодействие проектных организаций, заказчиков и специалистов органов государственной экспертизы. Цели формирования ПИМ и СИМ существенно отличаются: первая должна дать полный ответ на вопрос «Что строим?», вторая – «Как строим?». Цифровые информационные модели (ЦИМ) объектов капитального строительства, разработанные на стадии проектирования, используются для проработки объемно-планировочных решений, архитектуры, конструктивных решений, формирования сводной цифровой модели для прохождения государственной экспертизы, что свидетельствует о высоком уровне подготовки специалистов проектных организаций по созданию ПИМ [Анкудинов, 2021].

Строительная информационная модель является результатом комплексной цифровизации элементов организационно-технологической системы – проекта организации строительства (ПОС) и проекта производства работ (ППР). Для выгрузки составляющих ПОС (строительного генерального плана, календарного плана строительства, прочих чертежей и схем) необходимо предварительно создать СИМ. СИМ содержит записи строительного производства в части управленческого учета, подтверждающие или определяющие тот или иной факт, связанный с ходом строительства, включая отчетную и аналитическую информацию по строительному проекту, материалы по несоответствиям, корректирующим и предупреждающим действиям.

Строительная информационная модель, содержащая накопленные данные, позволит полностью заменить ПОС и ППР, повысить эффективность организационно-технологической системы.

С точки зрения управления строительным проектом формирование и ведение СИМ позволит:

- своевременно проводить учет всех прогнозируемых и возникающих отклонений при строительстве;
- повысить оперативность и ритмичность работ, уменьшить непроизводственные издержки;
- обеспечить эффективную координацию работ;
- наглядно представить этапы строительства инвестору или кредитору.

Таким образом, установлены причинно-следственные связи несовершенства организационно-технологической системы в строительстве. К основным причинам относятся отсутствие согласованности действий между основными участниками строительного проекта, уникальность каждого строительного проекта и его высокая изменчивость.

Сформулированы основные факторы, сдерживающие применения СИМ: неравномерное обучение участников строительной отрасли навыкам применения цифровых технологий и программных обеспечений, недостаточное понимание у руководства строительных организаций преимуществ ТИМ и связанное с ним отсутствие мотивации обучения сотрудников, неполный комплект действующих нормативных документов в части применения информационного моделирования на всех стадиях жизненного цикла объектов капитального строительства, ограниченный функционал основных отечественных программных обеспечений в сравнении с зарубежными.

Формирование и ведение СИМ позволит своевременно проводить учет всех прогнозируемых и возникающих отклонений при строительстве, повысить оперативность и ритмичность работ, уменьшить непроизводственные издержки, обеспечить эффективную

координацию работ, наглядно представить этапы строительства инвестору или кредитору [Пименов, 2022].

Формирование СИМ в ТИМ, предусматривающей взаимодействие участников строительного проекта в единой информационной платформе, позволит исключить недостоверность данных от этапа планирования до стадии эксплуатации. В случае отступления от целевого плана реализации строительного проекта, внося актуальную информацию в единую платформу со строительной площадки, все данные будут согласованы и связаны между собой и поддерживаться в актуальном состоянии в ходе строительства.

Оперативное и связанное накопление данных в записях строительного производства, синхронного представления статусов и условий работ, данных о состоянии ресурсов через календарно-сетевой график строительной цифровой информационной модели, данных об изменениях в конфигурации цифровой модели сделает возможным установление оценки эффективности строительного производства и обнаружения в строительных процессах отклонений и аномалий.

Строительная цифровая информационная модель (СЦИМ), в свою очередь, должна содержать строительные представления информационной цифровой модели местности и цифровую информационную модель объекта капитального строительства, а также цифровые информационные модели временных зданий и сооружений, основных ведущих машин и механизмов, необходимых для реализации строительства и взаимосвязанным с ней календарно-сетевым графиком.

Созданная СЦИМ, являясь частью СИМ, должна дать ответы на следующие вопросы: что, в каком объеме и каким образом, в какие сроки и с применением каких ресурсов необходимо выполнить основные и вспомогательные строительные процессы, а также текущий статус по расходованию ресурсов и выполнению работ.

Организационно-технологические решения, заложенные в СЦИМ и моделях обеспечения, на стадии проектирования подлежат критическому анализу путем моделирования нескольких вариантов (сценариев) с целью поиска и выбора наиболее эффективного.

По результатам формирования строительной информационной модели можно выгружать, если имеется необходимость, достоверные и согласованные между собой следующие комплекты документов для управления строительным проектом: ведомость объемов работ; календарно-сетевой график строительно-монтажных работ; график движения трудовых ресурсов; график движения строительных машин и механизмов; 4D/5D модели строительства; график освоения капитальных вложений; график поставки материально-технических ресурсов (МТР); недельно-суточные наряды на выполнение работ.

Ответственным за формирование и ведение СЦИМ и моделей обеспечения должен стать единый центр – ситуационно-моделирующий центр.

В рамках современных подходов отметим следующие перспективные направления:

1. Цифровые технологии и инновации. Цифровая трансформация приносит значительные изменения в управление строительными проектами. Использование Building Information Modeling (BIM) позволяет создавать виртуальные трехмерные модели, интегрирующие все аспекты проектирования и строительства, что, в свою очередь, улучшает взаимодействие между участниками проекта, сокращает сроки и снижает вероятность ошибок.

2. Гибкое управление и Agile-методологии. Традиционные методологии управления проектами все чаще уступают место гибким подходам. Принципы Agile и Scrum, характерные для IT-проектов, успешно интегрируются в строительную сферу. Эти технологии позволяют

быстрее реагировать на изменения в требованиях заказчика и эффективнее использовать ресурсы.

3. Интеграция интернета вещей (IoT) в строительство. Интернет вещей предоставляет возможность сбора данных в режиме реального времени, что используется для мониторинга состояния стройплощадок, оборудования и даже зданий после завершения строительства. Это управление на основе данных помогает оптимизировать процессы обслуживания и улучшить общую эффективность строительного проекта.

4. Риск-менеджмент. Эффективное управление рисками становится важной частью строительного процесса. Анализ рисков на ранних стадиях позволяет разработать стратегии их снижения. Использование современных методов анализа и инструментов риск-менеджмента повышает успешность завершения проекта в рамках бюджета и сроков [Александрова, 2018].

5. Оптимизация ресурсов и управление затратами. Применение технологий для оптимизации использования ресурсов становится неотъемлемой частью управления строительными проектами. Использование систем умного мониторинга, учета и управления затратами помогает сокращать издержки и повышать эффективность расходования ресурсов [Литвиненко, 2023].

Технология BIM (Building Information Modeling) – это метод проектирования, строительства и эксплуатации объектов инфраструктуры, основанный на использовании цифровых моделей зданий и сооружений [Козлов, Пешков, 2023].

Данная технология позволяет привнести в организацию строительства следующие позитивные моменты [Пешков, Матвеева, Безруких, Рогов, 2022]:

- возможность создания виртуальной модели здания;
- установка индивидуальных параметров объекта;
- получение высококачественной проектной документации;
- быстрое обнаружение и устранение ошибок и неточностей через изменение параметров;
- экспериментирование с моделью в разных условиях;
- управление и контроль строительства объекта на всех этапах;
- использование информационной модели разными организациями;
- выполнение ремонта и реконструкции объекта с учетом требований эксплуатации.

Отказ от применения цифровых технологий в строительстве может привести к следующим основным видам потерь:

- потери перепроизводства (избыточного производства продукции);
- транспортировки (избыточного перемещения сырья, продукции, материалов);
- ожидания (в рабочее время не осуществляется производственная деятельность);
- излишней обработки (обработка, не приносящая ценности или добавляющая ненужную функциональность);
- из-за производства продукции с дефектами (брака);
- из-за лишних движений (не связанных напрямую с осуществлением производственной деятельности);
- лишние запасы (хранение избыточного количества сырья, материалов, полуфабрикатов);
- потери творческого потенциала (неполное использование интеллектуальных возможностей сотрудников).

При соединении моделирования и улучшения организации процессов строительных работ можно получить более эффективные результаты с сокращением потерь ресурсов.

Благодаря использованию BIM-технологий различные участники проекта могут работать

над одной и той же версией модели, обмениваясь информацией и координируя свои действия, что позволяет улучшить процесс взаимодействия между различными участниками проекта и снизить вероятность ошибок.

В целом, BIM-технологии являются одним из наиболее перспективных направлений в области проектирования и строительства, позволяющим улучшить качество проектирования и строительства, сократить затраты на строительство и эксплуатацию объектов и повысить эффективность использования имеющихся ресурсов.

По мнению автора [Azhar, 2011], BIM представляет собой новую парадигму в строительной отрасли и способствует интеграции ролей заинтересованных сторон в оценке преимуществ и недостатков применения методологии BIM при подготовке и координации проектов зданий и вычислительных инструментов. Для точного измерения возможностей применения BIM на строительных предприятиях была предложена модель оценки, основанная на кластерном анализе интервальных значений серого [Lin, Shen, Sun, Kelly, 2011]. Результаты исследования показали, что предложенная модель может стать новым подходом к улучшению возможностей применения. Применение BIM позволяет оценить стоимость строительства и затраты на жизненный цикл для принятия важных решений на ранних этапах строительных проектов [Jaewook Lee et al., 2020]. Система измерения производительности 3D-BIM на объекте позволяет руководителям проектов оценивать производительность в режиме реального времени, что делает применение BIM уникальным процессом, позволяющим сократить количество отходов на объекте [Nikmehr et al., 2021]. Освоение методологии BIM и ее применение позволяет участникам отрасли лучше ориентироваться в ситуации, принимать более взвешенные решения, выбирать более экологичные варианты и экономить средства на проектах АЕС [Kwame, 2023].

Однако существуют и проблемы в рамках внедрения BIM-технологий. В работе [Gamil, Rahman, 2019] отмечается, что в Йемене замедляется развитие BIM-технологий из-за ограничений в финансировании, нехватки знаний и неумения персонала, неправильного использования потенциала BIM, а также отсутствия государственной поддержки [Мальцев, 2018]. В статье [Шеина, Петров, Федоров, 2019] говорится о том, что в России выявлены две главные проблемы внедрения BIM-технологий. Первая проблема заключается в том, что российские строительные компании не проявляют достаточного интереса к реализации этой технологии. Вторая проблема связана с отсутствием единых правил для оформления проектной и рабочей документации в соответствии с нормативными документами (ГОСТ, СПДС). С.Г. Абрамян и другие исследователи [Абрамян и др., 2019] выделили несколько проблем внедрения BIM-технологий в России. К ним относятся отсутствие полного набора нормативных документов, низкий интерес и недостаточная информированность строительных организаций, высокая стоимость внедрения и сложность совместимости с другими компьютерными технологиями, финансовые ограничения, трудоемкость создания BIM-модели и нехватка знаний и компетентности персонала. Н.А. Козлов и К.А. Попова [Козлов, Попова, 2016] также выделяют проблемы, связанные с привлечением молодых специалистов, необходимостью модернизации существующей системы, переобучением сотрудников, дороговизной программного обеспечения и временным снижением работоспособности. Одна из основных проблем применения BIM-технологий заключается в необходимости изменения существующих рабочих процессов и подготовке персонала к работе в новых условиях. Требуется обучение специалистов работе с новыми программными средствами и методами проектирования и строительства [Семенов, 2018]. Кроме того, использование BIM-технологий требует значительных инвестиций в программное обеспечение и оборудование. Некоторые компании

могут не быть готовы к таким затратам. Еще одной проблемой [Величко, 2019] является необходимость установления единых стандартов для работы с BIM-моделями, что может вызвать затруднения при совместной работе различных участников проекта.

По мнению М.И. Сергеевой [Сергеева, 2019], существует недостаточное количество предметов, связанных с современными технологиями в строительстве, которые преподаются в высших учебных заведениях. Она также подчеркивает, что большинство проектировщиков не заинтересованы во внедрении новых технологий и материалов [Пешков, Матвеева, Безруких, Рогов, 2022].

Правильно составленный план внедрения BIM является гарантией того, что все сотрудники, работающие с информационной моделью, будут четко понимать, какие возможности дает им новая технология и какие новые обязанности накладывает.

План внедрения BIM должен состоять из четырех основных частей:

1. Цели проекта и способы использования BIM-моделей. Начинать внедрение BIM нужно с определения дальнейших способов использования BIM-модели на всех стадиях жизненного цикла объекта. Способы использования информационной модели должны находиться в четкой зависимости от целей предприятия, учитывать существующие ресурсы и возможные риски. Эта информация в дальнейшем будет влиять на все шаги по внедрению, все процессы и стандарты, задавать уровень детализации модели и поэтому является одним из ключевых шагов планирования.

2. Разработка BIM-процессов. Принципиальная карта BIM-процессов будет показывать, как и в какой последовательности должны взаимодействовать между собой пользователи информационной модели. Она позволит участникам команды понять, как их рабочие задачи пересекаются с задачами других членов команды.

3. Разработка принципов обмена информацией. Критически важно на этом этапе определить, какая информация должна быть заложена в модель на каждом этапе, чтобы работали способы использования BIM-модели, определенные на первом этапе планирования.

4. Разработка необходимой инфраструктуры, поддерживающей внедрение BIM. К этому пункту относится достаточно много подзадач, начиная от определения структуры команды, задействованной в проекте, описания должностных обязанностей каждого участника, способов коммуникаций между всеми участниками проекта, требований к IT-инфраструктуре и технической поддержке, к шаблонам и библиотекам, процедурам контроля качества и методам управления изменениями.

В разных странах проводятся исследования по использованию новых концепций в области современного строительства. В России О.И. Пакидов [Пакидов, [www](#)] предложил проект «Российского объединения стандартизации информационного моделирования в строительстве» (Ро-СиМС) [Вайсман, Байбурин, 2016]. В Колумбии в университете EAFIT (г. Медельин) пробуют объединить технологии BIM и Lean construction (с англ. – «бережливое строительство») – это адаптация к процессам строительства, концепция из философии предприятия, созданной Toyota. В РФ метод бережливого строительства также активно применяется. Например, его использует Национальное объединение строителей (НОСТРОЙ) в коллаборации с Московским государственным строительным университетом (МГСУ). На ближайшие 30 лет принята концепция Стратегии инновационного развития строительной отрасли РФ, главная задача внедрения которой – уменьшение и устранение ненужной траты ресурсов в строительстве через широкое распространение BIM-технологий во всей строительной отрасли [Mowade, Shelar, 2017]. В рамках разработки концепции Стратегии инновационного развития строительной отрасли РФ на период

до 2030 года был рассмотрен ряд актуальных вопросов, таких как организационные схемы эффективной реализации комплексных инвестиционных строительных проектов (EPC, EPC (M)), типы договоров и организация взаимодействия их участников (IPD, интегрированный договор и др.) [Гевара и др., 2022]; применение методов и инструментов информационного моделирования (BIM) на основных этапах инвестиционных строительных проектов (офис управления проектами, проектирование, подготовка строительства, закупки, строительство, эксплуатация объектов строительства); методы и инструменты реализации принципов Lean на всех этапах в строительстве; инновационные подходы к контролю качества и диагностике в строительстве; подготовка специалистов для предприятий, работающих по новым технологиям [Shirgar, Yadav, 2019].

В нашей стране обсуждение этого вопроса проводится на специализированных семинарах, конференциях, посвященных ТИМ и BIM, до сих пор ведется вокруг трехмерной статической цифровой модели – проектной информационной модели (ПИМ). При этом проектная информационная модель – это лишь одна из информационных моделей, формируемых при реализации строительных проектов на начальных этапах – концепции и проектировании. При этом остаются не затронутыми в ТИМ такие этапы жизненного цикла объекта капитального строительства, как экспертиза, строительство, эксплуатация и др. С переходом на стадию строительства сформированные ПИМ становятся недостаточно пригодными к применению, поскольку не предназначены для этого. Информационную модель нужно создавать не только для объектов нового строительства, но и для объектов, уже находящихся в эксплуатации. Составление электронного паспорта здания позволяет наладить мониторинг объекта и повысить эффективность управления таким зданием. Особое внимание должно быть уделено зданиям, представляющим культурное наследие. Кроме того, традиционный подход, предлагающий использовать информационную модель только в течение жизненного цикла строительного объекта, является ограниченным. В дополнение к вышесказанному необходимо добавить, что ценность информационной модели не утрачивается при ликвидации строительного объекта, так как информационная модель может продолжать использоваться в «постжизненном» цикле строительного объекта. Кроме того, информационную модель можно создавать и использовать уже в «постжизненном» цикле, т.е. для полностью утраченных строений.

Заключение

Современное управление строительными проектами требует постоянного отслеживания инноваций, гибкости в реагировании на изменения и стремления к устойчивости. Интеграция цифровых технологий, гибких методологий и эффективного управления рисками создает основу для успешного завершения строительных проектов в современных реалиях. Формирование строительной информационной модели обеспечит согласованность и достоверность данных от этапа планирования до завершения строительства. Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в том, что установлены причинно-следственные связи несовершенства текущей организационно-технологической системы в строительстве, характеризующейся в том числе отсутствием согласованности действий и разрозненностью решений между основными участниками строительного проекта. Эти недостатки могут быть компенсированы формированием строительной информационной модели, которая позволит преодолеть барьеры между участниками строительного проекта. А это, в свою очередь, повысит эффективность организационно-технологической системы за счет

своевременного проведения учета прогнозируемых и возникающих отклонений при строительстве, повышения оперативности и ритмичности работ, уменьшения непроизводственных издержек, обеспечения эффективной координации работ. Формирование и ведение СИМ позволит своевременно проводить учет всех прогнозируемых и возникающих отклонений при строительстве, повысить оперативность и ритмичность работ, уменьшить непроизводственные издержки, обеспечить эффективную координацию работ, наглядно представить этапы строительства инвестору или кредитору.

Библиография

1. Абрамян С.Г. и др. Проблемы внедрения BIM-технологий в строительном секторе: обзор научных публикаций // Инженерный вестник Дона. 2019. № 9 (60). С. 4.
2. Александрова Е.Б. Минимизация рисков инвестиционно-строительных проектов с использованием bim технологий // Инновации и инвестиции. 2018. № 11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/minimizatsiya-riskov-investitsionno-stroitelnyh-proektov-s-ispolzovaniem-bim-tehnologiy> (дата обращения: 18.05.2025).
3. Анкудинов А.Г. Проблемы создания информационной модели объекта капитального строительства на стадии строительства [Электронный ресурс] // Строительный эксперт. 2021. URL: ardexpert.ru (дата обращения: 18.05.2025).
4. Вайсман С.М., Байбурун А.Х. Разработка организационно-технологических решений в строительстве с использованием технологий информационного моделирования (ТИМ) // Вестник ЮУрГУ. Серия: Строительство и архитектура. 2016. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-organizatsionno-tehnologicheskikh-resheniy-v-stroitelstve-s-ispolzovaniem-tehnologiy-informatsionnogo-modelirovaniya-tim> (дата обращения: 18.05.2025).
5. Величко Г.В. Прикладные аспекты проблем эффективности BIM-технологий объектов автотранспортной инфраструктуры // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2019. Т. 2. № 86. С. 173-183. EDN: BJOKCH.
6. Гевара Р.Л.Т. и др. Технологии информационного моделирования (BIM) как основа бережливого строительства // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. № 1 (40). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-informatsionnogo-modelirovaniya-bim-kak-osnova-berezhlivogo-stroitelstva> (дата обращения: 18.05.2025).
7. Гинзбург А.В. Информационная модель жизненного цикла строительного объекта // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 9. С. 61-65.
8. Козлов Н.А., Попова К.А. Проблемы внедрения технологий BIM-проектирования в России // Техническое регулирование в транспортном строительстве. 2016. № 1 (15). С. 18-21. EDN: VSEXRL.
9. Козлов Р.Н., Пешков А.В. Интеграция бережливого производства и BIM-технологий как основа эффективного проектного управления и организации производственных процессов на этапе строительства // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. № 2 (45). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/integratsiya-berezhlivogo-proizvodstva-i-bim-tehnologiy-kak-osnova-effektivnogo-proektnogo-upravleniya-i-organizatsii> (дата обращения: 18.05.2025).
10. Литвиненко Д.Г. Современные подходы к управлению строительными проектами // Вестник науки. 2023. № 11 (68). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-upravleniyu-stroitelnyimi-proektami> (дата обращения: 18.05.2025).
11. Мальцев В.Л. Из опыта решения проблем внедрения BIM-технологий // BIM -моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (г. Санкт-Петербург, 29-30 марта 2018 г.). СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. С. 35-40.
12. Носко Н.В., Дашкевич Т.В. Внедрение BIM-технологий — инновационное направление в сфере строительства Республики Беларусь // Инновации: от теории к практике. 2016. С. 62-65.
13. Пакидов О.И. «Бережливое строительство» как этап реального внедрения BIM в России. URL: https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=15485.
14. Пакидов О.И. Основы BIM: Информационное моделирование для строителей. Набережные Челны, 2014. URL: <http://isicad.ru/ru/articles/Pakidov/BIM-building-book-3.pdf>.
15. Пешков А.В., Матвеева М.В., Безруких О.А., Рогов Д.С. Обеспечение процессов контроля качества на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства в рамках концепции «Строительство 4.0» // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 1. С. 90-97.
16. Пименов С.И. Строительная информационная модель // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2022. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stroitel'naya-informatsionnaya-model> (дата обращения: 18.05.2025).

17. Пименов С.И. Строительная информационная модель // *Construction and Geotechnics*. 2022. Т. 13. № 3. С. 72-84. DOI: 10.15593/2224-9826/2022.3.07.
18. Пименов С.И. Строительная информационная модель // *Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура*. 2022. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stroitel'naya-informatsionnaya-model> (дата обращения: 18.05.2025).
19. Разов И.О., Комзюк Л.В., Шелудков Ю.Н. Повышение производительности труда при создании железобетонных конструкций с использованием технологии бережливого производства // *Вестник евразийской науки*. 2023. Т. 15. № 3. URL: <https://esj.today/PDF/34SAVN323.pd>.
20. Семенов А.А. Интеграция концепции BIM в учебный процесс строительных вузов // *BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (г. Санкт-Петербург, 29-30 марта 2018 г.)*. СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. С. 207-211. EDN: YVCXVU.
21. Сергеева М.И. Проблемы внедрения современных технологий в строительство // *Научный электронный журнал «Меридиан»*. 2019. № 13 (31). С. 87-89. EDN: FDWKPU.
22. СП 333.1325800.2020 Свод правил информационное моделирование в строительстве / Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла / *Building information modeling. Modeling guidelines for various project life cycle stages* ОКБ 35.240.99.
23. Христофоров П.И., Фёдоров В.В. Современные подходы к управлению проектами в строительстве // *Вестник науки*. 2024. № 6 (75). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-upravleniyu-proektami-v-stroitelstve> (дата обращения: 18.05.2025).
24. Христофоров П.И., Фёдоров В.В. Современные подходы к управлению проектами в строительстве // *Вестник науки*. 2024. № 6 (75). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-upravleniyu-proektami-v-stroitelstve> (дата обращения: 17.05.2025).
25. Шеина С.Г., Петров К.С., Федоров А.А. Исследование этапов развития BIM – технологий в мировой практике и России // *Строительство и техногенная безопасность*. 2019. № 14 (66). С. 7-14.
26. Шемякина Т.Ю. Информационное моделирование строительных объектов: особенности применения и развития // *Вестник ГУУ*. 2020. № 7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnoe-modelirovanie-stroitelnyh-obektov-osobennosti-primeneniya-i-razvitiya> (дата обращения: 18.05.2025).
27. Шлепнёва Т.О., Суховерхов В.В. Визуализация информационных моделей в строительной отрасли // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2023. № 11-4 (86). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vizualizatsiya-informatsionnyh-modeley-v-stroitelnoy-otrasli> (дата обращения: 18.05.2025).
28. AEC (CAN) BIM protocol. Implementing Canadian BIM Standards for the Architectural, Engineering and Construction industry based on international collaboration. Version 1. The AEC (UK) committee, AEC (CAN) CanBIM designers committee, 2012. 54 p.
29. Agafonov A JSC "NIAEP" Complex engineering objects construction using Multi-D innovative technology // *Interregional Knowledge Management Workshop on Life Cycle Management of Design Basis Information – Issues, Challenges, Approaches*, 2013.
30. Azhar S. "Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry" // *Leadership. Manage. Eng.* 2011. No. 11 (3). P. 241-252.
31. Common BIM Requirements 2012. Series 13. Use of models in construction. COBIM project, 2012. 21 c.
32. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. 2nd ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2011. 650 p.
33. Gamil Y., Rahman I.A.R. Awareness and challenges of building information modelling (BIM) in the Yemen construction industry // *Journal of Engineering Design and Technology*. 2019. Vol. 17. Iss. 5. P. 1077-1084.
34. Jaewook Lee et al. BIM-based preliminary estimation method considering the life cycle cost for decision-making in the early design phase // *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. 2020. No. 19:4. P. 384-399.
35. Kwame B.O. Amoah, Optimizing Building Information Modeling and Value Engineering Synergy for Construction Schedule and Cost Worth / *Journal of Civil Engineering Research*. 2023. Vol. 13. No. 1. P. 12-23. DOI: 10.5923/j.jce.20231301.02.
36. Kwame B.O. Amoah, Optimizing Building Information Modeling and Value Engineering Synergy for Construction Schedule and Cost Worth // *Journal of Civil Engineering Research*. 2023. Vol. 13. No. 1. P. 12-23
37. Lin G., Shen G.Q., Sun M., Kelly J. Identification of key performance indicators for measuring the performance of value management studies in construction // *J. Constr. Eng. Manage.* 2011. No. 137 (9). P. 698-706.
38. Mowade K., Shelar K. Lean Construction // *International Journal of Scientific Engineering and Science*. 2017. Vol. 1. Iss. 11. P. 70-74.
39. National BIM standard – United States. Version 2. National Institute of building sciences building SMART alliance, 2012. 676 p.
40. New Zeland BIM Handbook. A guide to enabling BIM on building projects. Building and construction productivity partnership, 2014. 142 p.

41. Nikmehr B. et al. BIM-Based Tools for Managing Construction and Demolition Waste (CDW): A Scoping Review // Sustainability. 2021. No. 13. P. 8427.
42. PAS 1192-2:2013. Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modeling. The British Standards Institution, 2013. 68 p.
43. Shirgar N.A.H., Yadav N.B. Overview of Lean Concept in Construction Industry // GRD Journals, Global Research and Development Journal for Engineering, Emerging Research and Innovations in Civil Engineering (ERICE – 2019). 2019. P. 11-14.
44. Singapore BIM Guide. Version 2. Building and construction authority, 2013. 70 p.

The use of the construction information model to optimize project management processes in construction

Ekaterina Yu. Eliseeva

PhD in Psychology, Associate Professor,
National Research Moscow State University of Civil Engineering,
129337, 26 Yaroslavskoe hwy., Moscow, Russian Federation;
e-mail: Eliskati2008mail@ru

Tengiz I. Chechenov

Student,
National Research Moscow State University of Civil Engineering,
129337, 26 Yaroslavskoe hwy., Moscow, Russian Federation;
e-mail: t_chechenov@mip.institute

Viktoriya V. Medved'ko

Student,
National Research Moscow State University of Civil Engineering,
129337, 26 Yaroslavskoe hwy., Moscow, Russian Federation;
e-mail: v_medvedko@mip.institute

Abstract

The article is devoted to the study of the application of the construction information model (SIM) to optimize project management processes in construction. In the context of modern challenges, such as the need to increase efficiency, reduce deadlines and reduce costs, the use of SIM and information technology is becoming a key factor in successful project management. The article discusses the basic principles and benefits of implementing a SIM, including improved coordination between project participants, improved design accuracy, and reduced errors at all stages of construction. The authors analyze existing approaches to project management and highlight the disadvantages of traditional methods, such as insufficient integration of information and complexity in communication between different participants in the process. In modern realities, a manager's full involvement is required in order to constantly monitor new digital technologies, adaptability, full control and timely response to various kinds of changes that may be related to both the internal environment of the project and the external one. The integration of innovations into the construction

process serves as an assistant for risk management, analysis and monitoring of the project. The purpose of the work is to substantiate the advantages of using a construction information model in information modeling technology. It is concluded that the use of the SIM results in the creation of a unified information environment, which allows for a significant improvement in interaction and transparency at all stages of the project – from planning and design to construction and operation. Examples of successful use of the SIM in various construction projects are considered, demonstrating its impact on reducing the time frame for completing work and optimizing costs. The importance of further development of the SIM and integration of technologies into project management practices is emphasized, which will increase the competitiveness of construction companies and improve the quality of the projects being implemented. The use of the construction information model is a promising direction for achieving sustainable development in the construction industry.

For citation

Eliseeva E.Yu., Chechenov T.I., Medved'ko V.V. (2025) *Primenenie stroitel'noi informatsionnoi modeli dlya optimizatsii protsessov upravleniya proektami v stroitel'stve* [The use of the construction information model to optimize project management processes in construction]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 15 (4A), pp. 126-141.

Keywords

Information model, construction information model (SIM), BIM, digital technologies, project management, optimization, efficiency, construction.

References

1. Abramyan S.G. et al. (2019) Problemy vnedreniya BIM-tehnologiy v stroitel'nom sektore: obzor nauchnykh publikatsiy [Problems of BIM technology implementation in the construction sector: a review of scientific publications]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Bulletin of Don], 9 (60), p. 4.
2. AEC (UK) Committee, AEC (CAN) CanBIM Designers Committee (2012). AEC (CAN) BIM protocol. Implementing Canadian BIM Standards for the Architectural, Engineering and Construction industry based on international collaboration. Version 1.
3. Agafonov A. (2013) JSC "NIAEP" Complex engineering objects construction using Multi-D innovative technology. Interregional Knowledge Management Workshop on Life Cycle Management of Design Basis Information – Issues, Challenges, Approaches.
4. Aleksandrova E.B. (2018) Minimizatsiya riskov investitsionno-stroitel'nykh proektov s ispolzovaniem bim tekhnologiy [Minimizing risks of investment and construction projects using BIM technologies]. *Innovatsii i investitsii* [Innovations and Investments], 11. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/minimizatsiya-riskov-investitsionno-stroitel'nykh-proektov-s-ispolzovaniem-bim-tehnologiy> [Accessed 18.05.2025].
5. Ankudinov A.G. (2021) Problemy sozdaniya informatsionnoy modeli obekta kapital'nogo stroitel'stva na stadii stroitel'stva [Problems of creating an information model of a capital construction project at the construction stage]. *Stroitel'nyy ekspert* [Construction Expert]. Available at: <https://ardexpert.ru> [Accessed 18.05.2025].
6. Azhar S. (2011) Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), pp. 241-252.
7. Building and Construction Authority (2013). Singapore BIM Guide. Version 2.
8. Building and construction productivity partnership. (2014) New Zealand BIM Handbook. A guide to enabling BIM on building projects. 142 p.
9. COBIM project. (2012) Common BIM Requirements 2012. Series 13. Use of models in construction.
10. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. (2011) BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. 2nd ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Publ.
11. Gamil Y., Rahman I.A.R. (2019) Awareness and challenges of building information modelling (BIM) in the Yemen construction industry. *Journal of Engineering Design and Technology*, 17 (5), pp. 1077-1084.

12. Gevara R.L.T. et al. (2022) Tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya (BIM) kak osnova berezhlivogo stroitelstva [Information modeling technologies (BIM) as the foundation of lean construction]. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitelstvo. Nedvizhimost* [University News. Investments. Construction. Real Estate], 1 (40). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-informatsionnogo-modelirovaniya-bim-kak-osnova-berezhlivogo-stroitelstva> [Accessed 18.05.2025].
13. Ginzburg A.V. (2016) Informatsionnaya model zhiznennogo tsikla stroitel'nogo obekta [Information model of a construction object's life cycle]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 9, pp. 61-65.
14. Jaewook Lee et al. (2020) BIM-based preliminary estimation method considering the life cycle cost for decision-making in the early design phase. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 19(4), pp. 384-399.
15. Khristofovich P.I., Fedorov V.V. (2024) Sovremennye podkhody k upravleniyu proektami v stroitel'stve [Modern approaches to project management in construction]. *Vestnik nauki* [Bulletin of Science], 6 (75). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-upravleniyu-proektami-v-stroitel'stve> [Accessed 18.05.2025].
16. Khristofovich P.I., Fedorov V.V. (2024) Sovremennye podkhody k upravleniyu proektami v stroitel'stve [Modern approaches to project management in construction]. *Vestnik nauki* [Bulletin of Science], 6 (75). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-upravleniyu-proektami-v-stroitel'stve> [Accessed 17.05.2025].
17. Kozlov N.A., Popova K.A. (2016) Problemy vnedreniya tekhnologiy BIM-proektirovaniya v Rossii [Problems of implementing BIM design technologies in Russia]. *Tekhnicheskoe regulirovanie v transportnom stroitel'stve* [Technical Regulation in Transport Construction], 1 (15), pp. 18-21. EDN: VSEXRL.
18. Kozlov R.N., Peshkov A.V. (2023) Integratsiya berezhlivogo proizvodstva i BIM-tekhnologiy kak osnova effektivnogo proektnogo upravleniya i organizatsii proizvodstvennykh protsessov na etape stroitel'stva [Integration of lean production and BIM technologies as the basis for effective project management and organization of production processes at the construction stage]. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitelstvo. Nedvizhimost* [University News. Investments. Construction. Real Estate], 2 (45). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/integratsiya-berezhlivogo-proizvodstva-i-bim-tekhnologiy-kak-osnova-effektivnogo-proektnogo-upravleniya-i-organizatsii> [Accessed 18.05.2025].
19. Kwame B.O. Amoah. (2023) Optimizing Building Information Modeling and Value Engineering Synergy for Construction Schedule and Cost Worth. *Journal of Civil Engineering Research*, 13 (1), pp. 12-23. DOI: 10.5923/j.jce.20231301.02.
20. Kwame B.O. Amoah. (2023) Optimizing Building Information Modeling and Value Engineering Synergy for Construction Schedule and Cost Worth. *Journal of Civil Engineering Research*, 13 (1), pp. 12-23.
21. Lin G., Shen G.Q., Sun M., Kelly J. (2011) Identification of key performance indicators for measuring the performance of value management studies in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(9), pp. 698-706.
22. Litvinenko D.G. (2023) Sovremennye podkhody k upravleniyu stroitel'nymi proektami [Modern approaches to construction project management]. *Vestnik nauki* [Bulletin of Science], 11 (68). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-upravleniyu-stroitel'nymi-proektami> [Accessed 18.05.2025].
23. Maltsev V.L. (2018) Iz opyta resheniya problem vnedreniya BIM-tekhnologiy [From the experience of solving problems of BIM technologies implementation]. In: *BIM-modelirovanie v zadachakh stroitel'stva i arkhitektury: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. (g. Sankt-Peterburg, 29-30 marta 2018 g.)* [BIM modeling in construction and architecture: Proceedings of the All-Russian scientific-practical conference (St. Petersburg, March 29-30, 2018)]. St. Petersburg: Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, pp. 35-40.
24. Mowade K., Shelar K. (2017) Lean Construction. *International Journal of Scientific Engineering and Science*, 1 (11), pp. 70-74.
25. National Institute of Building Sciences building SMART alliance (2012). National BIM standard – United States. Version 2.
26. Nikmehr B. et al. (2021) BIM-Based Tools for Managing Construction and Demolition Waste (CDW): A Scoping Review. *Sustainability*, 13, p. 8427.
27. Nosko N.V., Dashkevich T.V. (2016) Vnedrenie BIM-tekhnologiy – innovatsionnoe napravlenie v sfere stroitel'stva Respubliki Belarus [Implementation of BIM technologies – an innovative direction in the construction sector of the Republic of Belarus]. *Innovatsii: ot teorii k praktike* [Innovations: From Theory to Practice], pp. 62-65.
28. Pakidov O.I. (2014) Osnovy BIM: Informatsionnoe modelirovanie dlya stroitelyey [Fundamentals of BIM: Information Modeling for Builders]. Naberezhnye Chelny. Available at: <http://isicad.ru/ru/articles/Pakidov/BIM-building-book-3.pdf> [Accessed 18.05.2025].
29. Pakidov O.I. (n.d.) «Berezhlivoe stroitel'stvo» kak etap realnogo vnedreniya BIM v Rossii ["Lean construction" as a stage of real BIM implementation in Russia]. Available at: https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=15485 [Accessed 18.05.2025].

30. Peshkov A.V., Matveeva M.V., Bezrukikh O.A., Rogov D.S. (2022) Obespechenie protsessov kontrolya kachestva na vseh etapakh zhiznennogo tsikla obektov kapitalnogo stroitelstva v ramkakh kontseptsii «Stroitelstvo 4.0» [Ensuring quality control processes at all stages of the life cycle of capital construction facilities within the "Construction 4.0" concept]. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitelstvo. Nedvizhimost* [University News. Investments. Construction. Real Estate], 12 (1), pp. 90-97.
31. Pimenov S.I. (2022) Stroitel'naya informatsionnaya model [Building Information Model]. *Vestnik PNIU. Stroitelstvo i arkhitektura* [PNRPU Bulletin. Construction and Architecture], no. 3. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/stroitel'naya-informatsionnaya-model> [Accessed 18.05.2025].
32. Pimenov S.I. (2022) Stroitel'naya informatsionnaya model [Building Information Model]. *Construction and Geotechnics*, 13 (3), pp. 72-84. DOI: 10.15593/2224-9826/2022.3.07.
33. Pimenov S.I. (2022) Stroitel'naya informatsionnaya model [Building Information Model]. *Vestnik PNIU. Stroitelstvo i arkhitektura* [PNRPU Bulletin. Construction and Architecture], 3. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/stroitel'naya-informatsionnaya-model> [Accessed 18.05.2025].
34. Razov I.O., Komzyuk L.V., Sheludkov Yu.N. (2023) Povyshenie proizvoditelnosti truda pri sozdanii zhelezobetonnykh konstruksiy s ispolzovaniem tekhnologii berezhlivogo proizvodstva [Increasing labor productivity in the creation of reinforced concrete structures using lean production technology]. *Vestnik evraziyskoy nauki* [Bulletin of Eurasian Science], 15 (3). Available at: <https://esj.today/PDF/34SAVN323.pdf> [Accessed 18.05.2025].
35. Semenov A.A. (2018) Integratsiya kontseptsii BIM v uchebnyy protsess stroitelnykh vuzov [Integration of the BIM concept into the educational process of construction universities]. In: *BIM-modelirovanie v zadachakh stroitelstva i arkhitektury: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. (g. Sankt-Peterburg, 29-30 marta 2018 g.) [BIM modeling in construction and architecture: Proceedings of the All-Russian scientific-practical conference (St. Petersburg, March 29-30, 2018)]. St. Petersburg: Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, pp. 207-211. EDN: YVCXVU.
36. Sergeeva M.I. (2019) Problemy vnedreniya sovremennykh tekhnologiy v stroitelstvo [Problems of implementing modern technologies in construction]. *Nauchnyy elektronnyy zhurnal «Meridian»* [Scientific Electronic Journal "Meridian"], 13 (31), pp. 87-89. EDN: FDWKPU.
37. Sheina S.G., Petrov K.S., Fedorov A.A. (2019) Issledovanie etapov razvitiya BIM – tekhnologiy v mirovoy praktike i Rossii [Study of the stages of BIM technology development in global practice and Russia]. *Stroitelstvo i tekhnogennaya bezopasnost* [Construction and Technogenic Safety], 14 (66), pp. 7-14.
38. Shemyakina T.Yu. (2020) Informatsionnoe modelirovanie stroitelnykh obektov: osobennosti primeneniya i razvitiya [Information modeling of construction objects: application and development features]. *Vestnik GUU* [State University of Management Bulletin], 7. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnoe-modelirovanie-stroitelnykh-obektov-osobennosti-primeneniya-i-razvitiya> [Accessed 18.05.2025].
39. Shirgar N.A.H., Yadav N.B. (2019) Overview of Lean Concept in Construction Industry. *GRD Journals, Global Research and Development Journal for Engineering, Emerging Research and Innovations in Civil Engineering (ERICE – 2019)*, pp. 11-14.
40. Shlepneva T.O., Sukhoverkhov V.V. (2023) Vizualizatsiya informatsionnykh modeley v stroitel'noy otrasli [Visualization of information models in the construction industry]. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [International Journal of Humanities and Natural Sciences], 11-4 (86). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/vizualizatsiya-informatsionnykh-modeley-v-stroitel'noy-otrasli> [Accessed 18.05.2025].
41. SP 333.1325800.2020 (2020) Svod pravil informatsionnoe modelirovanie v stroitel'stve / Pravila formirovaniya informatsionnoy modeli obektov na razlichnykh stadiyakh zhiznennogo tsikla [Set of Rules Information modeling in construction / Rules for forming an information model of objects at various stages of the life cycle]. *Building information modeling. Modeling guidelines for various project life cycle stages* OKS 35.240.99.
42. The British Standards Institution (2013) PAS 1192-2:2013. Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modeling.
43. Velichko G.V. (2019) Prikladnye aspekty problem effektivnosti BIM-tekhnologiy obektov avtotransportnoy infrastruktury [Applied aspects of the efficiency problems of BIM technologies for motor transport infrastructure facilities]. *Vestnik Kharkovskogo natsionalnogo avtomobilno-dorozhnogo universiteta* [Bulletin of Kharkiv National Automobile and Road University], 2 (86), pp. 173-183. EDN: BJOKCH.
44. Veysman S.M., Bayburin A.Kh. (2016) Razrabotka organizatsionno-tekhnologicheskikh resheniy v stroitel'stve s ispolzovaniem tekhnologiy informatsionnogo modelirovaniya (TIM) [Development of organizational and technological solutions in construction using information modeling technologies (TIM)]. *Vestnik YuUrGU. Seriya: Stroitelstvo i arkhitektura* [Bulletin of the South Ural State University. Series: Construction and Architecture], 4. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-organizatsionno-tehnologicheskikh-resheniy-v-stroitel'stve-s-ispolzovaniem-tehnologiy-informatsionnogo-modelirovaniya-tim> [Accessed 18.05.2025].