

Развитие технологий информационного моделирования в России

Н.А. Сташевская, Ф.Д. Орлов, Д. Р. Крахин, Р.С. Палкин

Национальный исследовательский московский государственный строительный университет

Аннотация: Внедрение технологий информационного моделирования (далее ТИМ) в строительную практику носит необратимый характер во всём мире. Эффективность применения ТИМ доказана на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства: на предпроектной фазе, на стадиях проектирования, строительства, эксплуатации, ремонта, реконструкции, демонтажа и утилизации. Разнообразие программного обеспечения для цифровизации строительства позволяет подобрать оптимальный продукт для выполнения конкретного вида задач. До недавнего времени большая часть российского рынка технологий информационного моделирования принадлежала программным продуктам зарубежных IT компаний. В связи с изменившимися условиями происходит вынужденный переход на отечественные ТИМ-системы. Возникающие при этом вызовы требуют совместных действий государственных органов, разработчиков программного обеспечения в сфере ТИМ, строительных компаний и образовательных организаций.

Ключевые слова: технологии информационного моделирования, BIM-технологии, жизненный цикл объекта капитального строительства, строительство, импортозамещение, подготовка специалистов, российские ТИМ-системы.

Введение

Строительная отрасль в современных условиях – это совокупность современных машин и механизмов, инновационных материалов, высокотехнологичных процессов, актуальных решений в управлении строительством и новых подходов к проектированию [1, 2]. Самым перспективным направлением развития систем проектирования являются BIM-технологии (Building Information Modeling). BIM-технологии – это создание информационной модели будущего объекта со всеми архитектурно-конструкторскими, технологическими, электротехническими, экономическими и другими решениями, имеющими отношение к объекту [3].

В России принято использовать термин ТИМ – технологии информационного моделирования. Информационное моделирование зданий или сооружений ТИМ – это сложный процесс создания единой

информационной модели с внесением дополнений и корректировок на каждом этапе жизненного цикла здания:

- формирование технического задания;
- создание эскизного проекта;
- выполнение расчетов и принятие проектных решений;
- разработка проектно-сметной документации;
- управление возведением;
- управление эксплуатацией;
- управление реконструкцией;
- управления сносом и утилизацией [4, 5].

Основной концепцией ТИМ является единство объекта и его информационной 3D-модели с начала формирования технического задания вплоть до его сноса с последующей утилизацией. Реализация этой концепции включает несколько этапов, изображенной на рис. 1:

ТИМ 3D – создание скоординированной модели (coordinated model). Это информационная модель, включающая в себя визуализацию здания или сооружения; инженерные решения; моделирование различных нагрузок и их сочетание; проверку на коллизии; сформированную рабочую документацию [6];

ТИМ 4D – добавление к созданной 3D-модели графика работы (schedule). Это информационная модель, включающая в себя календарные и сетевые графики производства работ; управление логистикой; визуализацию строительства. Для этого задаются даты начала и окончания монтажа элементов здания [7];

ТИМ 5D – добавление к созданной модели оценки стоимости (estimate). Это информационная модель, включающая в себя распределение денежных потоков во времени; распределение объемов материальных ресурсов;

графики движения рабочей силы; графики движения строительных машин; контроль стоимости проекта [8];

ТИМ 6D - добавление к созданной модели информации по эксплуатации и управлению объектом (facility management). Информационная модель, включающая в себя электронный паспорт; мониторинг состояния; данные об энергоэффективности; изменения после ремонтных работ; корректировка после реконструкции [9].

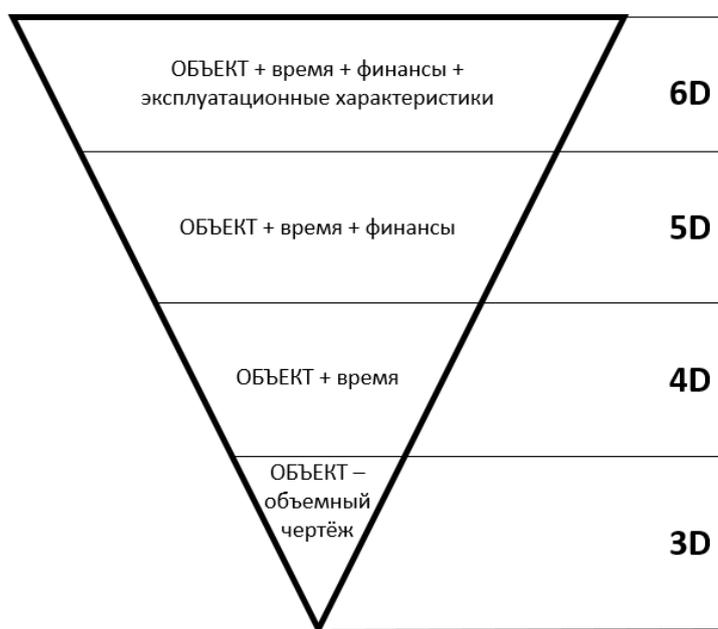


Рис. 1. – Этапы моделирования в строительном проектировании

Внедрение технологий информационного моделирования зданий (ТИМ) открывает как большие возможности, так и значительные проблемы для строительной отрасли. Авторами ряда исследований отмечается колебание уровня внедрения ТИМ в практике строительного проектирования разных стран [10, 11]. Хотя технология, лежащая в основе ТИМ, существует уже не первый десяток лет, внедрение ТИМ в строительной отрасли было относительно медленным по сравнению с такими отраслями, как производство и машиностроение. На расширение применения ТИМ в строительстве наиболее принципиально оказывает влияние следующие

факторы: развитие программных продуктов, основанных на технологии информационного моделирования, а также заинтересованность заказчиков-строителей и государственных органов [12].

Настоящая статья представляет собой анализ уровня внедрения технологий информационного моделирования в России и перехода на использование отечественных ТИМ-систем. В статье рассматривается актуальность применения технологий информационного моделирования, государственное регулирование развития ТИМ в России, уровень использования отечественного программного обеспечения на рынке ТИМ, а также внедрение технологий информационного моделирования в образовательный процесс.

Актуальность применения технологий информационного моделирования

Внедрение технологий информационного моделирования на всех стадиях жизненного цикла объектов капитального строительства - главный тренд развития строительной отрасли. Целесообразность и экономический эффект от использования цифровой модели здания (ЦИМ) доказаны международным практическим опытом и не требует подтверждения того, что трансформация традиционного подхода к организации строительства неизбежна [13, 14].

К настоящему времени развитие ТИМ достигло такого уровня, что цифровая информационная модель дополняется новыми данными на каждом этапе жизненного цикла объекта капитального строительства. ЦИМ позволяет отобразить:

- укрупненные технико-экономические показатели на предпроектной стадии жизненного цикла строительного объекта;

- ресурсоёмкость, геометрические и временные характеристики на стадии проектирования;
- фактический объем выполненных работ на объекте и статус возведения каждого элемента здания, более точные финансовые и ресурсные данные на стадии строительства;
- информацию о состоянии объекта, данные мониторинга оборудования на стадии эксплуатации;
- данные по структуре, составу и состояния объекта и оборудования на стадии сноса и утилизации [15].

Таким образом, синергетический эффект от внедрения технологии информационного моделирования по сравнению с классическими методами организации жизненного цикла объектов капитального строительства, составляет:

на предпроектном этапе: сокращение продолжительности инвестиционной фазы проекта - до 50%; снижение ошибок при бюджетном планировании - в 4 раза;

на этапе разработки проектно-сметной документации: снижение количества ошибок и погрешностей в проектной документации - до 40%; сокращение сроков выполнения проектных работ – до 20...50%; сокращение сроков согласования - 90 %; сокращение сроков проверки проектной документации – в 6 раз;

на этапе управления возведением: сокращение сроков на строительство зданий и сооружений – до 20%...50%; уменьшение затрат на строительство – до 30%;

на этапе управления эксплуатацией: уменьшение затрат на эксплуатацию – до 30% [16]. Суммарный экономический эффект от внедрения ТИМ составляет 5-10% от общих затрат на строительство объекта [17].

Во внедрении технологий информационного моделирования заинтересованы не только девелоперы и проектные организации. Цифровизация строительной отрасли, помимо снижения стоимости и сроков реализации, обеспечивает государственным органам больший контроль за ходом строительства, а банки получают прозрачность строительного процесса и финансовые показатели, приближенные к реальным, что даёт им возможность снижения процентной ставки по запрашиваемым кредитным продуктам [18]. Для инвестора проект с использованием технологий информационного моделирования означает правильную оценку целесообразности и условий финансирования и, как следствие, снижение операционных расходов и стоимости риска.

На текущий момент наибольших результатов в использовании ТИМ достигли США и Великобритания. Находясь у истоков формирования концепции, эти страны реализовали первые проекты с использованием технологий информационного моделирования ещё в 80-х годах XX века [19].

Собственное программное обеспечение и правительственные инициативы позволили сформировать огромную практическую базу и надолго закрепить за собой лидирующее положение. На международной арене выделяются также Германия, Франция, Австралия, Сингапур, Китай и государства Скандинавского полуострова, активная цифровизация строительной индустрии в которых пришлась на 2000-2010-е годы [20, 21]. Изучив международный опыт, руководство этих стран основательно подошло к вопросу внедрения технологий информационного моделирования.

Энтузиазм участников строительной отрасли, содействие правительства и наличие собственных разработок, позволили в кратчайшие сроки добиться высокого уровня использования ТИМ [22, 23].

Доказанный экономический и организационный эффект, а также стремление государства стимулировать цифровизацию на всех стадиях жизненного цикла объектов капитального строительства ведет к резкому росту использования технологий информационного моделирования.

Государственное регулирование внедрения ТИМ в России

Работа по созданию системы законодательных и нормативных документов в области регулирования внедрения технологий информационного моделирования в строительстве в России проводится начиная с 2014 года.

За это время на законодательном уровне разработаны, утверждены и реализованы: планы по внедрению технологий информационного моделирования; правила составления информационных моделей для объектов строительства; перечень и формат электронных документов для представления в Москомэкспертизу.

В рамках создания нормативной базы разработаны порядка 15 национальных и межгосударственных стандартов и 5 сводов правил в области информационного моделирования в строительстве.

С 1 января 2022 года планировалось, что проектирование государственных заказов, вне зависимости от их стоимости, должно вестись с использованием технологий информационного моделирования. Однако в связи со сложной геополитической ситуацией этот срок был перенесен на 1 марта 2023 года. По этой же причине планируется осуществить с 1 января 2025 года переход на отечественное программное обеспечение органам государственной власти и заказчикам для использования на значимых

объектах критической информационной инфраструктуры (Паспорт Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» утвержден президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24.12.2018 г. № 16)).

Россия регулярно входит в международные рейтинги, как лидер по количеству национальных стандартов и наборам правил информационного моделирования. Государственные правила и последовательная поддержка действуют как катализатор экспоненциального роста проникновения ТИМ в российское строительство.

На основе анализа рассмотренных данных можно сделать вывод о создании основы законодательной и нормативной базы для внедрения технологий информационного моделирования на всех стадиях жизненного цикла объектов капитального строительства.

Уровень внедрения технологий информационного моделирования в России

Сегодня рынок технологий информационного моделирования в России является одним из самых перспективных. О постоянном развитии этой области свидетельствует рост объема капитализации, удвоившейся за период с 2018 по 2022 года, как это показано на рис. 2. Эксперты связывают развитие рынка ТИМ с рядом факторов: создание законодательной нормативной и базы по переходу и использованию ТИМ; использование искусственного интеллекта; создание цифровых двойников и развитие облачных технологий.

Замедление темпов роста в 2022 году, более чем в три раза, вызвано, в первую очередь, снижением активности строительства, а во вторую - приостановкой работы в России зарубежных компаний-разработчиков ТИМ, что, однако, не влияет на проникновение цифровизации в строительную отрасль России.

Рост капитализации рынка также подтверждает изменение уровня применения ТИМ. Если в 2019 году, по информации Минстроя, BIM использовали 5-7% строительных компаний, то в 2023 их количество выросло до 16%. Изменилась за этот период и доля от общего объема внедрения ТИМ по этапам жизненного цикла проекта.

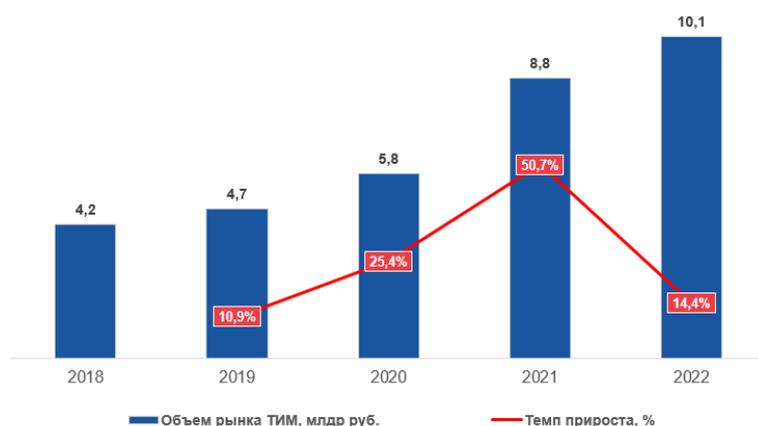


Рис. 2. – Динамика рынка ТИМ в Российской Федерации [24]

Процент использования ТИМ на стадиях, отличных от проектирования, неуклонно растёт. В 2023 году уровень применения технологий информационного моделирования составляет: 3% на предпроектной стадии, 62% на стадии проектирования, 32% на стадии строительства и 3% на стадии эксплуатации [25]. Такие данные позволяют говорить о приближении перехода на следующий уровень зрелости ТИМ, когда использование цифровой информационной модели является необходимой базой, а дополнительные параметры, в том числе, стоимость и время исполнения, можно подключать при необходимости.

Применение отечественного программного обеспечения на рынке ТИМ России

По состоянию на 2022 год, 86% рынка технологий информационного моделирования в России принадлежало иностранным компаниям,

приостановившим свою работу, тогда как общая доля лидирующих разработчиков отечественного программного обеспечения составляла всего лишь 10% (рис. 3) [26].

Такая ситуация сложилась из-за того, что в момент активного перехода на BIM-моделирование присутствовал более чем 20-летний опыт взаимодействия с зарубежными компаниями, а российские продукты являлись малоизвестными, и как следствие, неконкурентоспособными. Сегодня отечественное программное обеспечение отвечает практически всем требованиям рынка и обеспечивает разработку и выпуск проектной документации в соответствии с российскими нормативными документами (Перечень российского программного обеспечения для субъектов градостроительной деятельности в соответствии с данными единого реестра российского программного обеспечения для ЭВМ от 29.11.2023, Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации).

Компании регулярно участвуют в мероприятиях, посвященных технологиям информационного моделирования, осуществляют поддержку при внедрении собственных разработок и активно сотрудничают с государственными органами, учебными заведениями и крупными строительными организациями.

В целях поддержки и ускорения импортозамещения зарубежных технологий информационного моделирования 18 января 2023 года Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций России был издан приказ № 21. В приказе изложены методические рекомендации по переходу на использование программного обеспечения российского производства, в том числе, на значимых объектах критической информационной инфраструктуры (Приказ Минцифры России № 21 «Об утверждении Методических рекомендаций по переходу на использование

российского программного обеспечения, в том числе, на значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, и о реализации мер, направленных на ускоренный переход органов государственной власти и организаций на использование российского программного обеспечения в Российской Федерации»). По оценкам специалистов, полный переход предприятий на использование отечественных технологий информационного моделирования займет около 4 лет.

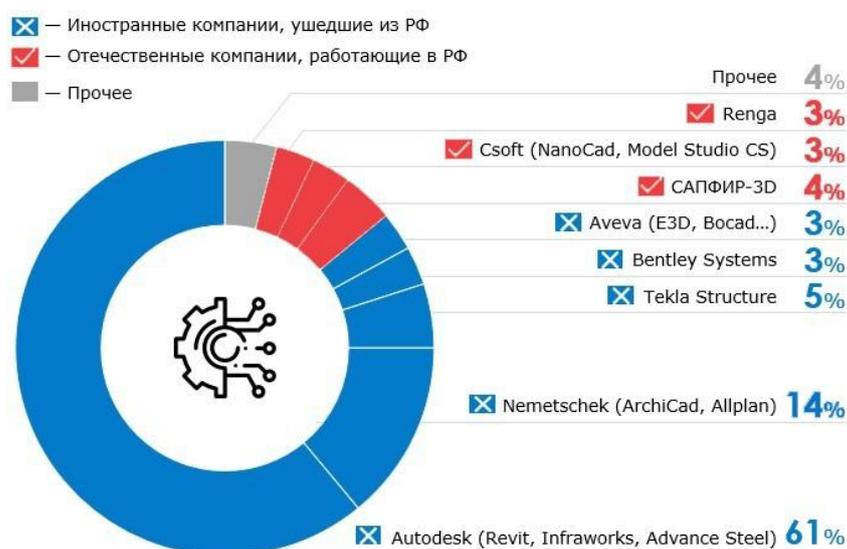


Рис. 3. – Программное обеспечение, используемое для BIM-моделирования в Российской Федерации по состоянию на 2022 год

Основными препятствиями при переходе на отечественное программное является:

- отсутствие узкоспециализированного сложного программного обеспечения, необходимых для выполнения конкретных задач проектирования и расчета;
- невозможность замены уже используемого программного комплекса на другой в активной фазе проекта;
- необходимость переподготовки действующих сотрудников [27].

Очевидно, что решение проблем, вызванных необходимостью перехода с иностранных программных продуктов на российские - лишь вопрос времени, но именно это позволит исключить зависимость от зарубежных информационных технологий в будущем.

Внедрение российских ТИМ-систем в образовательный процесс

После выхода приказа Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций, все участники строительной отрасли включились в процесс перехода на российское программное обеспечение. Активному переходу препятствуют возникающие проблемы, связанные с необходимостью обучения ТИМ-специалистов работе на отечественных платформах. Для решения данной проблемы разработаны и реализуются рядом организаций программы подготовки и переподготовки специалистов.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет является лидером в подготовке кадров, имеющих компетенции по работе с российскими ТИМ-системами.

Обучение графическим построениям и моделированию на российских платформах уже включено в образовательные программы всех уровней подготовки начиная с 2022-2023 учебного года. В рамках изучения дисциплин произведен перевод студентов с графической программы «AutoCAD» на платформу «NanoCAD». Также вместо программного комплекса для автоматизированного проектирования «Revit» студенты используют российскую ТИМ-систему «Renga».

Помимо этого, в НИУ МГСУ уже два года проводится конкурс студенческих работ «Моделирование в BIM-системе Renga», где обучающиеся 1 и последующих курсов (бакалавры, специалисты и магистры)

демонстрируют полученные компетенции по моделированию в отечественной ТИМ-системе.

Также, в рамках летних семестров в 2023 и 2024 годах была реализована образовательная программа «Основы технологий информационного моделирования и компьютерной графики». Обучение проходили в том числе студенты и преподаватели Приазовского государственного технического университета (г. Мариуполь). В занятиях принимали участие эксперты разработчика российского программного обеспечения группы компаний «СиСофт».

Для обучения преподавателей других профильных ВУЗов и практикующих специалистов строительной отрасли использованию российских ТИМ-систем в Национальном исследовательском Московский государственный строительном университете разработан и реализуется широкий спектр программ дополнительного образования и профессиональной переподготовки.

Анализируя рынок образовательных услуг, можно сделать вывод, что сформировался определенный пул организаций, включающий в себя и образовательные учреждения, которые занимаются подготовкой и переподготовкой проектировщиков и других пользователей отечественных программных продуктов.

Выводы

1. Работа по созданию законодательной и нормативной базы для внедрения технологий информационного моделирования на всех стадиях жизненного цикла объектов капитального строительства в России планомерно велась с 2014 года. Результатом созданной законодательной и нормативной базы, а также значительного экономического эффекта от внедрения технологий явилось резкое увеличение (с 5 процентов в 2019 до 16

процентов в 2023 году) количества строительных компаний, применяющих ТИМ.

2. Несмотря на все преимущества применения технологий информационного моделирования, начиная с 2022 года, наблюдается замедление роста рынка ТИМ в строительстве. Выявлен целый ряд факторов, снижающих темп дальнейшего роста рынка. Основным из таких факторов является переход на использование отечественного программного обеспечения, связанный с уходом зарубежных компаний, и, как следствие, необходимость переподготовки действующих сотрудников.

3. Благодаря сложившейся ситуации, отечественное программное обеспечение получило мощный импульс к развитию, и на сегодняшний день отвечает практически всем требованиям рынка, обеспечивая разработку и выпуск проектной документации в соответствии с российскими нормативными документами.

4. Для подготовки и переподготовки проектировщиков и других пользователей отечественных программных продуктов сформировался определенный пул организаций, включающий в себя и образовательные учреждения, которые позволяют эффективно решить кадровый вопрос в сфере ТИМ.

5. Совокупность мер, принимаемых государственными органами, разработчиками программного обеспечения в сфере ТИМ, строительными компаниями и образовательными организациями позволит повысить уровень цифровизации строительной отрасли и исключить зависимость от зарубежных информационных технологий в будущем.

Литература

1. Schönböck J., Kurschl W., Augstein M., Altmann J., Fraundorfer J., Freller L., Steiner L., Zysk C., Masegg M., Gabauer S. From Remote-Controlled Excavators to Digitized Construction Sites // *Procedia Computer Science*, 2022. № 200. pp. 1155-1164. URL: [sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922003246](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922003246).
 2. Nilimaa J. Smart materials and technologies for sustainable concrete construction // *Developments in the Built Environment*, 2023. № 15. P. 100177. URL: [sciencedirect.com/science/article/pii/S2666165923000595](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666165923000595).
 3. National Institute of Building Sciences (NIBS) Buildingsmart Alliance, "National BIM Standard - US Version 3", 2019. URL: nationalbimstandard.org.
 4. Moghayedi A., Awuzie B. Towards a net-zero carbon economy: A sustainability performance assessment of innovative prefabricated construction methods for affordable housing in Southern Africa // *Sustainable Cities and Society*, 2023. No. 99. P. 104907. URL: [sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670723005188#bib0023](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670723005188#bib0023).
 5. Luo H., Lin L., Chen K., Antwi-Afari M., Chen L. Digital technology for quality management in construction: A review and future research directions // *Developments in the Built Environment*, 2022. Vol. 12. P. 100087. URL: [sciencedirect.com/science/article/pii/S2666165922000217](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666165922000217).
 6. Sampaio A., Fernandes V., Gomes A. The use of BIM-based tools to improve collaborative building projects // *Procedia Computer Science*, 2023. No 219. pp. 2027-2034. URL: [sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050923005173](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050923005173).
 7. Botton C., Kubicki S., Halin G. The Challenge of Level of Development in 4D/BIM Simulation Across AEC Project Lifecycle. A Case Study // *Procedia Engineering*, 2015. No. 123. pp. 59-67. URL: [sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815031598](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815031598).
-

8. Amjed H., Sawsan R. The Benefits of and Challenges to Implement 5D BIM in Construction Industry // Civil Engineering Journal, 2019. Vol. 5. No. 2. pp. 412–421. URL: researchgate.net/publication/331428479.

9. Nicał A., Wodyński W. Enhancing Facility Management through BIM 6D // Procedia Engineering, 2016. No. 164. pp. 299-306. URL: sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816339649.

10. QeCAD. Which Countries Are Leading The BIM Adoption Across World, 2022. URL: qecad.com/cadblog/which-countries-are-leading-the-bim-adoption-across-world.

11. Шеина С.Г., Петрова К.С., Федорова А.А. Исследование этапов развития BIM-технологий в мировой практике и России // Строительство и техногенная безопасность. 2019. №14. С. 7-14. URL: cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-etapov-razvitiya-bim-tehnologiy-v-mirovoy-praktike-i-rossii.

12. Sun J., Paasch J., Paulsson J., Tarandi V., Harrie L. A BIM-based approach to design a lifecycle 3D property formation process: A Swedish case study // Land Use Policy, 2023. Vol. 131. No. 106712. URL: sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837723001783.

13. Tanveer Ahamed Bin Ali Naser Scope and Challenges of Implementation of Building Information Modeling (BIM) in Bangladesh // International Journal of Science and Research, 2023. Vol. 12. pp. 1013-1015. URL: researchgate.net/publication/373218072.

14. Mohammad S., Al-Mohammad and Ahmad Tarmizi, Haron and Rahimi, A. Rahman and Yasir, Alhammadi. Factors affecting BIM implementation in Saudi Arabia: a critical analysis // International Journal of Building Pathology and Adaptation. 2023. URL: doi.org/10.1108/IJBPA-09-2021-0122.

15. Новоселова И.В., Чернявский И.А. Применение BIM-технологий на всех стадиях жизненного цикла строительного проекта. Современные

тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. 2022;1(3): С. 4-15. URL: doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-3-4-15.

16. Алаmidi Ш.Г.Х. Качество выполнения строительных проектов с использованием BIM-технологии информационного моделирования зданий // Инженерный вестник Дона. 2023. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2023/8368.

17. PWC. PropTech в России: Обзор практики применения BIM-технологий и инновационных решений в области проектирования. 2020. URL: pwc.ru/ru/assets/proptech-2020.pdf.

18. Ильинова В.В., Мицевич В.Д. Международный опыт использования BIM-технологий в строительстве // Российский внешнеэкономический вестник. 2021. №6. С. 79-93. URL: papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3913682.

19. Safour R., Ahmed S., Zaarour B. BIM Adoption around the World // International Journal of BIM and Engineering Science, 2022. No. 4. pp. 31-44. URL: researchgate.net/publication/365290157.

20. Al Hammoud E. Comparing bim adoption around the world, syria's current status and furture // International Journal of BIM and Engineering Science, 2021. Vol. 2. No. 4. pp. 64-78. URL: researchgate.net/publication/358107464.

21. Царев А.И. Развитие BIM-технологий в европейской строительной отрасли. // Инженерный вестник Дона. 2022. № 11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/7999.

22. Vorbeck T., Wills N. The Current State of BIM on Existing Buildings: The Case of Germany // Journal for Facility Management, 2022. No. 23. pp. 46-59. URL: journal.ifm.tuwien.ac.at/article/id/636/.

23. MagiCAD. Bim adoption in europe current state, challenges and a vision of tomorrow”, 2020. URL: magicad.com/wp-content/uploads/2020/04/BIM-Adoption-in-Europe-White-Paper-02042020.pdf.

24. BIM-технологии (рынок России). Tadviser. URL: tadviser.ru/index.php/Статья:BIM-технологии_%28рынок_России%29#.2A_.D0.A0.D0.BE.D1.81.D1.82_.D1.80.D1.8B.D0.BD.D0.BA.D0.B0_BIM.D1.82.D0.B5.D1.85.D0.BD.D0.BE.D0.BB.D0.BE.D0.B3.D0.B8.D0.B9_.D0.BD.D0.B0_14.2C4.25.
25. Уровень применения ТИМ застройщиками РФ при строительстве объектов жилого назначения, Дом.РФ, Март 2023. URL: наш.дом.рф/site/binaries/content/assets/domrf/тим/аналитические-материалы/уровень_тим_в_жилищном_строительстве_11_07_2023.pdf.
26. BIM-технологии в России использует только треть строительных компаний. Strategy Partners. URL: strategy.ru/news/133.
27. Юшкин И.И., Аламиди Ш.Г.Х., Сташевская Н.А. Проблемы и преимущества внедрения BIM на предприятиях строительной отрасли // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2022. Т. 18. № 2. С. 172–181. URL: researchgate.net/publication/362147088.

References

1. Schönböck J., Kurschl W., Augstein M., Altmann J., Fraundorfer J., Freller L., Steiner L., Zysk C., Masegg M., Gabauer S. Procedia Computer Science, 2022. No. 200. pp. 1155-1164. URL: sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922003246.
 2. Nilimaa J. Developments in the Built Environment, 2023. No. 15. p. 100177. URL: sciencedirect.com/science/article/pii/S2666165923000595.
 3. National Institute of Building Sciences (NIBS) Buildingsmart Alliance, "National BIM Standard - US Version 3", 2019. URL: nationalbimstandard.org.
 4. Moghayedi A., Awuzie B. Sustainable Cities and Society, 2023. No. 99. P. 104907. URL: sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670723005188#bib0023.
-



5. Luo H., Lin L., Chen K., Antwi-Afari M., Chen L. Developments in the Built Environment, 2022. Vol. 12. P. 100087. URL: [sciencedirect.com/science/article/pii/S2666165922000217](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666165922000217).
 6. Sampaio A., Fernandes V., Gomes A. Procedia Computer Science, 2023. No 219. P. 2027-2034. URL: [sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050923005173](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050923005173).
 7. Botton C., Kubicki S., Halin G. Procedia Engineering, 2015. No. 123. P. 59-67. URL: [sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815031598](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815031598).
 8. Amjed H., Sawsan R. Civil Engineering Journal, 2019. Vol. 5. No. 2. P. 412–421. URL: [researchgate.net/publication/331428479](https://www.researchgate.net/publication/331428479).
 9. Nicał A., Wodyński W. Procedia Engineering, 2016. No. 164. P. 299-306. URL: [sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816339649](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816339649).
 10. QeCAD. Which Countries Are Leading The BIM Adoption Across World, 2022. URL: qecad.com/cadblog/which-countries-are-leading-the-bim-adoption-across-world.
 11. Sheina S.G., Petrova K.S., Fedorova A.A. Stroitel'stvo i texnogennaya bezopasnost'. 2019. № 14. P. 7-14. URL: cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-etapov-razvitiya-bim-tehnologiy-v-mirovoy-praktike-i-rossii.
 12. Sun J., Paasch J., Paulsson J., Tarandi V., Harrie L. Land Use Policy, 2023. Vol. 131. No. 106712. URL: [sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837723001783](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837723001783).
 13. Tanveer Ahamed Bin Ali International Journal of Science and Research, 2023. Vol. 12. pp. 1013-1015. URL: [researchgate.net/publication/373218072](https://www.researchgate.net/publication/373218072).
 14. Mohammad S., Al-Mohammad and Ahmad Tarmizi, Haron and Rahimi, A. Rahman and Yasir, Alhammadi. International Journal of Building Pathology and Adaptation. 2023. URL: doi.org/10.1108/IJBPA-09-2021-0122.
-

15. Novoselova I.V., Chernyavskij I.A. Primenenie BIM-texnologij na vsekh stadiyax zhiznennogo cikla stroitel'nogo proekta. Sovremennyye tendencii v stroitel'stve, gradostroitel'stve i planirovke territorij. 2022. 1 (3): pp. 4-15. URL: doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-3-4-15.
16. Alamidi Sh.G.X. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2023/8368.
17. PWC. PropTech v Rossii: Obzor praktiki primeneniya BIM-texnologij i innovacionnyx reshenij v oblasti proektirovaniya. 2020. [PWC. PropTech in Russia: Overview of the practice of BIM technologies and innovative design solutions]. URL: pwc.ru/ru/assets/proptech-2020.pdf.
18. Il'ina V.V., Micevich V.D. Rossijskij vneshneekonomicheskij vestnik. 2021. № 6. pp. 79-93. URL: papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3913682.
19. Safour R., Ahmed S., Zaarour B. BIM Adoption around the World. International Journal of BIM and Engineering Science, 2022. № 4. pp. 31-44. URL: researchgate.net/publication/365290157.
20. Al Hammoud E. International Journal of BIM and Engineering Science, 2021. Vol. 2. № 4. pp. 64-78. URL: researchgate.net/publication/358107464.
21. Czarev A.I. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. No 11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/7999.
22. Vorbeck T., Wills N. The Current State of BIM on Existing Buildings: The Case of Germany. Journal for Facility Management, 2022. No. 23. pp. 46-59. URL: journal.ifm.tuwien.ac.at/article/id/636/.
23. MagiCAD. Bim adoption in europe current state, challenges and a vision of tomorrow", 2020. URL: magicad.com/wp-content/uploads/2020/04/BIM-Adoption-in-Europe-White-Paper-02042020.pdf.



24. BIM-технологии (рынок России). Tadviser. URL: tadviser.ru/index.php/Статья:БИМ-технологии_%28рынок_России%29#.2A_.D0.A0.D0.BE.D1.81.D1.82_.D1.80.D1.8B.D0.BD.D0.BA.D0.B0_BIM.D1.82.D0.B5.D1.85.D0.BD.D0.BE.D0.BB.D0.BE.D0.B3.D0.B8.D0.B9_.D0.BD.D0.B0_14.2C4.25.

25. Uroven` primeneniya TIM zastrojshnikami RF pri stroitel`stve ob`ektov zhilogo naznacheniya, Dom.RF, Mart 2023. [Level of application of TIM by Russian developers in construction of residential projects, Dom.RF, March 2023]. URL: наш.дом.рф/site/binaries/content/assets/domrf/тим/аналитические-материалы/уровень_тим_в_жилищном_строительстве_11_07_2023.pdf.

26. BIM-технологии в России испол`зует tol`ko tret` stroitel`ny`x kompanij. Strategy Partners. [Only one third of construction companies in Russia use BIM-technologies. Strategy Partners.]. URL: strategy.ru/news/133.

27. Yushkin I.I., Alamidi Sh.G.X., Stashevskaya N.A. Stroitel`naya mexanika inzhenerny`x konstrukcij i sooruzhenij. 2022. V. 18. No 2. P. 172–181. URL: researchgate.net/publication/362147088.

Дата поступления: 3.10.2024

Дата публикации: 14.11.2024