

СТРАТЕГИИ И ИННОВАЦИИ

УДК 330.322.54

JEL D81

DOI 10.26425/1816-4277-2021-7-58-66

Возгомент Никита Владиславович

студент магистратуры, ФГБОУ ВО
«Государственный университет управле-
ния», г. Москва, Российская Федерация

ORCID: 0000-0002-9431-4670

e-mail: mountainking.dom.sannik@gmail.com

Астафьева Ольга Евгеньевна

канд. экон. наук, ФГБОУ ВО «Государст-
венный университет управления»,
г. Москва, Российская Федерация

ORCID: 0000-0003-3957-790X

e-mail: oe_astafyeva@guu.ru

ПРЕИМУЩЕСТВА BIM-МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОЙ СФЕРЕ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ ОТРАСЛИ

Аннотация. Рассмотрены подходы к применению BIM-моделирования в строитель-
стве, методы его внедрения, стандартизация параметров инвестиционной деятель-
ности реализации проектов и ее этапов. Были выделены ключевые моменты при
организации проведения цифрового менеджмента на предприятии. Рассмотрен циф-
ровой опыт зарубежных стран по внедрению и развитию BIM-технологий в строи-
тельстве и основные преимущества внедрения цифровых технологий в строитель-
ство. Выявлено, что цифровая трансформация в строительной отрасли требует
создания соответствующей институциональной среды и организации ее функцио-
нирования в общей цифровой экосистеме. Предложен концепт функционирующей BIM-
среды с цифровым окружением в рамках реализации инвестиционной проектной де-
ятельности в строительстве.

Ключевые слова: BIM-моделирование, инвестиции, инновации, проект, риск-менеджмент,
строительство, управление временем, технологии, цифровизация

Для цитирования: Возгомент Н.В., Астафьева О.Е. Преимущества BIM-моделирования
в инвестиционно-строительной сфере в условиях цифровых трансформаций отрасли//Вестник
университета. 2021. № 7. С. 58–66.

Nikita V. Vozgoment

Graduate Student, State University
of Management, Moscow, Russia

ORCID: 0000-0002-9431-4670

e-mail: mountainking.dom.sannik@gmail.com

Olga E. Astafyeva

Cand. Sci. (Econ.), State University
of Management, Moscow, Russia

ORCID: 0000-0003-3957-790X

e-mail: oe_astafyeva@guu.ru

ADVANTAGES OF BIM-MODELING IN THE INVESTMENT AND INNOVATION SECTOR IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATIONS OF THE INDUSTRY

Abstract. Approaches to the use of BIM-modeling in construction, methods of its imple-
mentation, standardization of parameters of investment activity of projects and its stages
are considered. The key points in the organization of digital management at the enterprise
were highlighted. The digital experience of foreign countries on the introduction and de-
velopment of BIM-technologies in construction and the main advantages of the introduc-
tion of digital technologies in construction are considered. It is revealed that the digital
transformation in the construction industry requires the creation of an appropriate insti-
tutional environment and the organization of its functioning in the general digital ecosys-
tem. The concept of a functioning BIM environment with a digital environment is proposed
as a part of the implementation of investment project activities in construction.

Keywords: BIM-modeling, investments, innovations, project, risk management, construction,
time control, technology, digitalization

For citation: Vozgoment N.V., Astafyeva O.E. (2021) Advantages of BIM-modeling in the investment
and innovation sector in the context of digital transformations of the industry. *Vestnik universiteta*, no. 7,
pp. 58–66. DOI: 10.26425/1816-4277-2021-7-58-66

© Возгомент Н.В., Астафьева О.Е., 2021.

Статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0. всемирная (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

© Vozgoment N.V., Astafyeva O.E., 2021.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Введение

Возрастающая роль цифровых технологий в различных отраслях и в строительстве, в частности, предопределила объект научного исследования в данной статье – непосредственно строительная отрасль, а также предмет исследования – внедрение BIM-технологий в строительстве.

За последние годы в связи с увеличивающимся ростом технического прогресса в отрасли AEC Industry («Архитектура, Проектирование, и Строительство»), цифровые технологии, как визуальное представление всего процесса строительства высокотехнологичных и интеллектуальных производств, способны выступать как эффективное средство для мониторинга информации о строящемся объекте с возможностью его изначального проектирования, выявления ошибок при возведении зданий (или сооружений) и последующей эксплуатации строительного объекта.

В настоящее время, цифровые технологии являются не только двигателем прогресса для новых отраслей промышленности и переосмыслением старых отраслей, но также они обретают качества важных социальных ролей, привнося огромный вклад в поиски решения на всех уровнях жизни общества: от экологии и климата до социального расслоения и макроэкономических задач.

Визуальное представление процесса строительства позволяет улучшить процессы интеграции управленческой концепции и организационной стратегии (CSCM; Управление Цепями Поставок в Строительстве). Хорошо отлаженная система планирования всех воспроизводственных процессов на строительной площадке способствует снижению затрат на себестоимость строительства объекта, а также ускоряет срок ввода объекта в эксплуатацию. Так, для решения наиболее перспективных задач в строительстве, появилось понятие Building Information Modeling (рус. «информационное моделирование в строительстве»; далее – BIM). За последнее время, были улучшены различные аспекты внедрения BIM в различных областях, в том числе для улучшения совместной работы всех вовлеченных лиц на строительной площадке, в том числе и для оптимизации ресурсов CSCM [9].

Однако, при столкновении с реальной практикой финансово-экономических угроз и необходимостью расчета рисков инвестиционных проектов, у множества специалистов возникают вопросы по спорным моментам управления организацией в строительстве. Как правило, это возникает ввиду отсутствия единой методологической базы исследования в сфере управления рисками инвестиционных проектов в строительстве. Мы можем наблюдать, что на данный момент не существует единого и принятого всеми участниками научно-экономического сообщества, определения и четко используемых методик цифрового моделирования в строительстве. На территории Российской Федерации, процесс внедрения BIM-технологий в строительстве до сих пор находится на стадии согласований, планирования, введения базовых определений BIM-технологий в повсеместное употребление государственных структур, когда как в более развитых странах Западной Европы и Америки данные этапы утверждения норм технического регулирования, нормативной документации, единого классификатора строительной информации были пройдены в конце XX в. [2].

Именно поэтому, на сегодняшний момент так важно понимать четкие основы зарождения цифрового BIM проектирования в сфере строительства, для наиболее быстрого перехода на передовые технологические мощности строительной отрасли. Ниже проведен анализ имеющихся зарубежных методологий, отражающих имплементацию цифрового проектирования в строительство.

Развитие информационного моделирования в строительстве: теория, технология, концепция

Физически BIM представляет собой 3D-модель здания, являющуюся совокупным звеном цифровой базы данных об объекте, несущих информацию о каждом элементе задаваемой модели строительного объекта и вместе определяющих внутреннюю структуру проекта. Его можно считать конструктивным проектным решением для внедрения в отрасли экономики и, в частности, в строительную сферу.

Фактически, трехмерная BIM-модель здания представляет собой совокупность информации о каждом конструктивном элементе, как и самого здания, так и окружающей среды. Информация об этих элементах несет в себе как физические характеристики, (длина, ширина, вес, высота, и т. п.), так и конструктивные характеристики каждого конкретного изделия.

С конца 1980-х гг. строительная индустрия впервые использовала цифровые мощности для калькуляционных подсчетов при анализе общего плана и стоимости строительства. На данный момент разные страны по всему миру, в зависимости от степени экономического развития, находятся на различных стадиях внедрения BIM-технологий в процессы строительства на своих территориях. Разным уровням внедрения цифровых технологий соответствуют разные категории – BIM-моделирования в строительстве [3]. Проведенный авторами анализ развития и становления BIM-моделирования позволяет выделить следующие уровни.

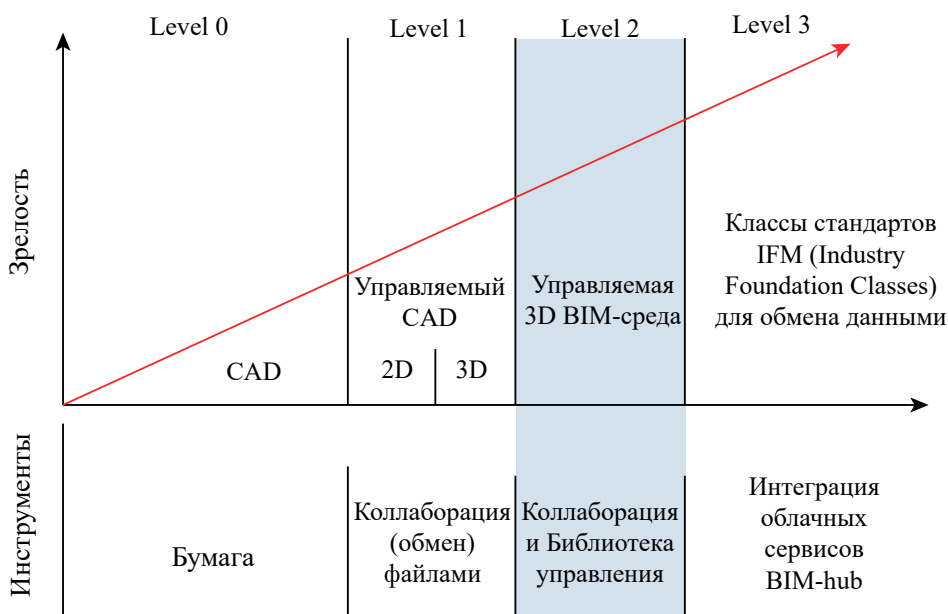
«BIM Level 0» – технически, базовая требуемая характеристика цифровой модели здания, что сложно назвать BIM-моделью. Эта категория предполагает использование только 2D-файлов программ AutoCAD и прочих для предоставления информации о проектировании и базовом производстве объекта застройки;

«BIM Level 1» – этот уровень также известен под названием «The Lonely BIM» («Одинокый BIM»; см. рис. 1). Фактически, на этом этапе внедрения используются 3D-данные для отображения общего дизайна застраиваемого объекта. Дизайнеров, вовлеченных в проект, может быть несколько, но они не имеют возможности сотрудничать в одной бизнес-среде. Каждый из них работает изолированно и имеет дело только со своей собственной 3D-моделью, в которой размещаются некоторые стандартные структуры и форматы данных. Также есть возможность использовать отдельные автономные пакеты управления финансами и затратами, но на данном этапе внедрения получаемые данные не интегрируются в общую модель BIM.

«BIM Level 2» – этап, на котором раскрываются все преимущества BIM (см. рис. 1). Управляемая BIM-модель застраиваемого объекта хранится в 3D-формате в отдельных программных инструментах BIM-среды с прикрепленными данными, подвязанными к каждому конструктивному элементу рассматриваемого здания или сооружения.

Еще одной важной характеристикой является использование COBie (Construction Operations Building Information Exchange; операции по обмену информацией в строительстве). Этот обмен информацией требует разработки принципов, в соответствии с которыми будет осуществляться обмен данными и отражены все вовлеченные стороны процесса строительства, от стадии разработки и планирования, и до стадии ввода объекта в эксплуатацию, что позволяет сотрудничать в единой среде [11].

«BIM Level 3» представляет собой полностью интегрированную и совместимую со многими сторонними сервисами модель проекта в реальном времени (см. рис. 1).



Источник: [11]

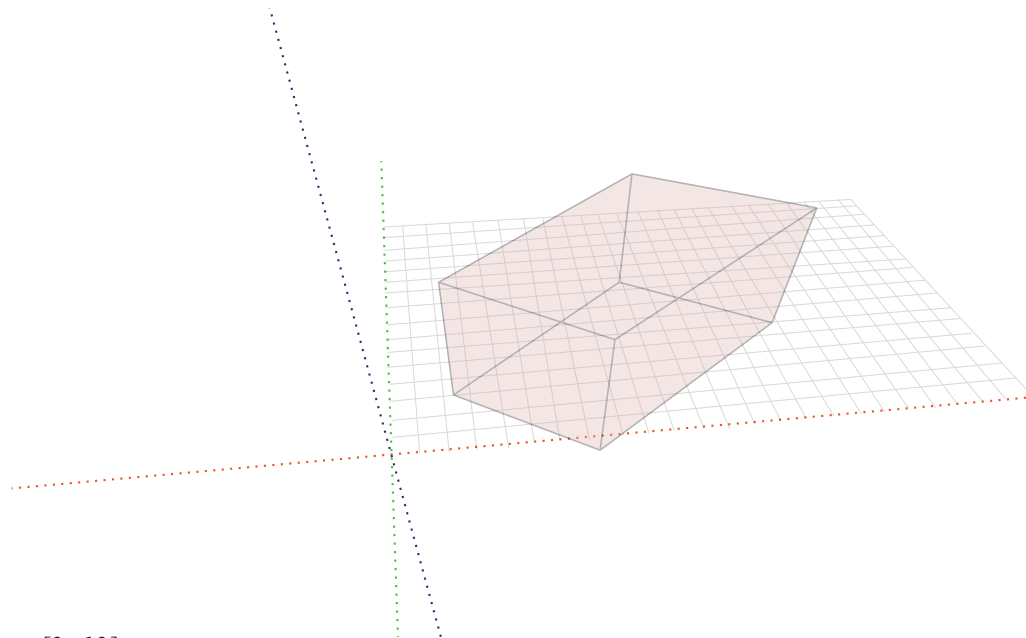
Рис. 1. Модель уровней зрелости BIM (разработана Марком Бью и Мервином Ричардсом)

Данная модель по определению использует веб-сервера для соответствия новым отраслевым базовым классам (Industry Foundation Classes, IFC)/buildingSMART, а также Data Dictionary standards (Стандарты словаря данных), разрабатываемых сейчас на рынке на этапах «BIM Level 2». На этом уровне будет необходима

совместимость программного обеспечения BIM с инфраструктурой окружающей среды. BIM-модели будут использовать информацию не только о последовательности и процессах непосредственно строительства, но также и о затратах, жизненном цикле проекта и другую управленческую информацию, которая будет основываться на разработке стандартизированных библиотек объектных данных единой строительной среды, с возможностью дальнейшей экспансии этих данных при срочной застройке, как при ликвидации локальных последствий стихийных бедствий, застройки незанятых земельных участков и т. д.

Следует отметить, что на всех этапах внедрения цифровых технологий в градостроительные площадки, все процессы BIM-проектирования руководствуются принципами спецификаций PAS 1192-2:2015, общепринятых в британском законодательстве, считающемся эталоном развития цифрового проектирования на территории государств. Данный документ представляет собой сборник требований, которые должны быть наложены на все цифровые модели BIM, для защиты метаданных об объекте от потери, кражи, утечки или раскрытия ценной коммерческой информации, интеллектуальной собственности и т. п. Стандарты BIM призваны улучшить использование BIM. В качестве соответствующего примера стандарта BIM, следует упомянуть Национальный стандарт BIM National Standard-United States® (NBIMS-US™), выпущенный Национальным институтом строительства по Естественным наукам в Соединенных королевствах, Великобритания, 2015 г. [4].

Существует также другой способ классификации этапов внедрения BIM-технологий в градостроительной отрасли на территории государств. При определении успешности (прогресса) внедрения BIM-технологий в таком случае, необходимо рассматривать 3D-модель как единую платформу организации рабочего пространства на строительной площадке. Эта платформа расширяется соответственно за счет других приложений, которые могут использоваться в процессах планирования, проектирования, строительства и эксплуатации объектов [12]. В этой системе классификации все, что работает с самой визуальной моделью, может быть классифицировано как часть 3D-модели, как представлено на рисунке 2. В свою очередь, эта цифровая экосистема включает в себя пошаговые руководства по моделям, визуализацию проектов, обнаружение столкновений, виртуальные макетные модели, сборку и другую информацию, имеющую отношение к измерениям и пространству.



Источник: [2; 12]

Рис. 2. Представление конструктивного элемента в трехмерном пространстве на базе BIM-мощностей

Следующий этап, 4D моделирование, прибавляет к цепочке данных об объекте строительства стоимости на каждый из существующих конструктивных элементов проектно-сметной документации, формируя пятиформатную модель застраиваемого объекта (5D). Пятое измерение, формально, добавляет деньги (стоимость) к общему представлению BIM-модели здания. С такой информацией BIM может обеспечить не только оценку затрат в реальном времени, но и рассчитать стоимость всего жизненного цикла строительства объекта.

Также, в меньшей степени распространения, но существуют и используются на данный момент аспекты 6D-моделирования, позволяющее осуществлять проектировку и планирование элементов окружающей среды и ландшафтной планировочной инфраструктуры, а также и 7D-моделей, добавляющие сверху на общую картину визуализации строительного объекта его последующие обслуживание и эксплуатацию, оставляя тем самым данные ПД (проектной документации) и РД (рабочей документации) не только как расходный материал «на достройку», но и возможность дальнейшего использования мета-данных для грамотного ведения хозяйства окружающей территории и повышения благосостояния людей, находящихся на фактическом объекте, построенном с использованием BIM-технологий, по сравнению с объектом, построенным без него.

Другим важным вопросом, связанным в контексте программного обеспечения BIM, является его влияние на управление рисками. Если компания работает с нестабильной платформой, и в то же время осуществляет кампанию по внедрению BIM-проектирования на собственном производстве, то есть вероятность создать серьезные угрозы безопасности передаваемой информации согласно постановлению. Поэтому необходима надлежащая оценка рисков перед непосредственно внедрением BIM-платформы на строительную площадку [10].

Вместе с различностью видов BIM-моделирования, общеприняты четкие атрибуты полноценно функционирующей BIM-платформы. На основе общепризнанной классификации Level-BIM и размера модели (в сочетании с пользовательским опытом), был создан список особенностей полноценно функционирующей платформы BIM.

1. Точность данных – инструменты должны быть в состоянии дать точную информацию о модели. Правильные расчеты величин из модели очень важны.

2. Расширяемость – программное обеспечение должно предлагать возможность работы с программными плагинами сторонних производителей.

3. Способность к усовершенствованному моделированию жизненного цикла и энергии – одно из очень важных требований, поскольку правительства во всем мире установили высокие цели по сокращению выбросов углекислого газа. Инструменты BIM будут играть решающую роль в достижении энергосбережения.

4. Управление временем и обнаружение столкновений (коллизий, пересечений) – инструменты должны быть способны визуализировать планирование строительства и зависимости. Они должны уметь находить и разрешать конфликты до начала строительства.

5. Оценка затрат – программное обеспечение должно работать с моделью и хранить данные непосредственно внутри модели. Он должен уметь работать на лету и с соответствующей точностью давать обзор ожидаемых затрат по проекту.

Таковы современные критерии наилучшего использования информационных моделей построения BIM-моделей строительных объектов. Однако, следует отметить, что они отражают потенциально идеальное состояние, чем реально существующую реальность. Большинство проектов на сегодняшний день реализуются на уровне BIM Level 0, 1 или (единично, в странах развитого мира) – Level 2.

Что касается концепции, заложенной в информационное моделирование в строительстве, то основной является концепция управления жизненным циклом, сущность которой заключается в выстраивании работы на основе технологий BIM-моделирования таким образом, чтобы обеспечить эффективную работу в инвестиционно-строительной сфере за счет полной цифровизации цикла «ПСЭ».

Концепция управления жизненным циклом способствует решению следующих основных проблем в строительстве при применении цифрового моделирования:

- обеспечение эффективного управления данными: появляется возможность создания единого хранилища данных, что способствует снижению затрат;
- модернизация инфраструктуры: за счет оптимизации инвестиций в основные фонды;
- информационная поддержка жизненного цикла: за счет формирования сквозных бизнес-процессов;
- обеспечение качества: за счет общих требований к выполнению работ всеми участниками инвестиционно-строительного проекта и установки общих нормативов для постоянного контроля.

По нашему мнению, основными предполагаемыми преимуществами принятия BIM являются следующие:

- более совершенная структура, более полная и свободная от ошибок/пропусков;
- разрешение изменений в структуре строительного объекта, на всех стадиях внедрения;
- общие концепции проектирования для различных категорий вовлеченных лиц;
- точная оценка времени и затрат в рамках строительных проектов.

Грамотное использование данных критериев – залог успешного внедрения информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства, что, в свою очередь, откроет для строительной отрасли возможность внедрения BIM-проектирования не только как дополнительную услугу, но и как обязательное условие реализации инвестиционных проектов с участием средств государственного бюджета.

Основные результаты

Внедрение BIM способствует сокращению объема затрат (как по количеству трудозатрат, так и по себестоимости всего процесса строительства) на строительство до 15–25 % к 2025 г. [5]. Выявлено, что наиболее основные проблемы, на сегодняшний день связанные с внедрением BIM-моделирования, заключаются в следующем:

- неясность или отсутствие четко регламентированных обязанностей по моделированию;
- утрата данных BIM-моделей;
- неадекватный контроль выпуска версий BIM-моделей проектов;
- неясность прав собственности на проект.

Чтобы нести юридическую ответственность за проектирование, архитектор или инженер-дизайнер должны иметь контроль над разработкой проекта. Однако при наличии различных вовлеченных сторон в реализацию проекта при переработке и пересмотре какой-либо итерации BIM-модели ответственность за дизайн и конечную версию спроектированной модели становится неясной по назначению ответственных лиц [7].

Внедрение базового BIM-проектирования в строительстве позволит:

- снизить систематические ошибки при проектировании, до 50 % случаев;
- повысить производительность инженеров-архитекторов, до 30 % трудозатрат;
- сократить время на обработку внесенных изменений в проект, приблизительно до 50 % рабочего времени;
- сокращение на 20 % затрат на сроки этапов разработки проекта «Проектирование-Строительство»;
- высокая точность осуществленных расходов.

Последние разработки Британского научно-исследовательского центра BIM-Technologies по имплементации BIM-проектирования включают более современный и широкий спектр оптимизации эксплуатации зданий при проектировании, строительстве и эксплуатации [8].

Рассмотрим основные разработки и их преимущества в повышении эффективности в строительстве.

1. Информационный менеджмент: правление информацией лежит в основе всего, что осуществляют последние разработки BIM-проектирования. Наиболее повышенное внимание уделяется цифровой безопасности при обмене данными о BIM-моделях рассматриваемых проектов.

2. Управление дизайном: координация дизайна и модели является неотъемлемой частью любого цифрового проекта. Данное предложение приносит пользу всей команде проекта.

3. Цифровые двойники зданий и анализ данных: представляет собой уникальную и эффективную возможность управления проектом с созданием специальных технических решений.

4. Разработка приложений: разработка индивидуальных решений для улучшения и расширения сервиса BIM-моделирования совместно с командой разработчиков.

Таким образом, развитие цифрового проектирования в строительстве позволяет разрушить барьеры, существующие между командами, посредством проектирования, строительства и эксплуатации, предоставленных в едином цифровом потоке («цифровой эко-среде»), который работает для всех с равным и открытым уровнем доступа на каждом этапе процесса. Помогая командам выйти за традиционные рамки выполнения собственной части работ, позволяя взглянуть на укрупненную, общую картину осязаемого проекта, BIM-проектирование предоставляя своевременный доступ для организации рабочего пространства в профессиональной среде.

В последнее время наблюдается тенденция формирования не только приобретения отдельных пакетов услуг и/или программного обеспечения на производстве, связанным с BIM-проектированием, но и запросы на формирование единой экосистемы BIM-Environment, позволяющей оптимизировать рабочие процессы на строительной площадке застраиваемого объекта. Для каждого этапа матрица распределения обязанностей определяется в соответствии с порядком вовлечения пользователей, их роли, разрешения на просмотр, добавление и редактирование информации. Рассматриваемый рабочий поток является итеративным процессом, начиная с этапа проектирования в автономической платформе BIM, где геометрическая и негеометрическая модель

информации об объекте строительства включает общую структуру инструментов строительной площадки для контроля за этапом строительства и поддержки управления цепочкой поставок. Синхронизированная, обновляющая информационное содержание модели информация об объекте строительства с данными, поступающими непосредственно от строительной площадки и создания согласованной и совместной базы данных, для автоматического обновления тематических представлений для визуализации данных и связи конструктивных элементов общей системы застраиваемого объекта сквозь все этапы его реализации.

Таким образом, следует отметить, что цифровая трансформация в строительстве требует нового концептуального подхода, а именно создание цифровой экосистемы как современного механизма развития строительной отрасли России. Также следует заметить, что имеющаяся неторопливость структуры государственного законодательного устройства не препятствует, а скорее в очередной раз отсрочивает возможности для расширения цифровизации экономики Российской Федерации в целом, и препятствует внедрению и разработкам в более широком, нежели просто BIM, плане, на государственном уровне, что позволило бы сократить это отставание России на технологический уклад начиная с конца XIX в. от стран западной Европы.

Выводы и рекомендации

Быстрое развитие информационной технологии меняет облик привычной строительной отрасли. BIM-проектирование, как новая тенденция обеспечения управления строительством на протяжении всего жизненного цикла проекта, затрагивает также договорные отношения между заинтересованными сторонами и требует нового концептуального подхода. Правовые последствия принятия BIM в строительных проектах на территории Российской Федерации в настоящее время представляют собой вопрос, вслед за решением которого должны быть предприняты действия по уменьшению рисков потери цифровых данных и защите информационной среды предприятия [6]. Так, информационное моделирование, как инструмент, позволяющий создать на основе трехмерных моделей среду с общими данными по объекту строительства, обеспечивает снижение риска ошибок в силу повышения прозрачности и предсказуемости действий участников инвестиционно-строительной деятельности, реализующих проект.

Для успешной цифровизации российской промышленности, помимо согласования и синхронизации интересов бизнеса и государства, развития соответствующей цифровой институциональной среды, также требуется работа по таким направлениям, как: разработка и гармонизация промышленных стандартов; разработка и реализация комплекса мер по обеспечению информационной безопасности; подготовка кадров для цифровых производств; расширение сотрудничества в системе «бизнес – наука – образование – власть».

Начало третьего десятилетия должно стать поворотным для строительных технологий, поскольку эти услуги становятся более доступными и приобретают решающее значение для работы по созданию более безопасных, более эффективных и более интеллектуальных условий труда. Формирование единой экосистемы – наиболее приоритетное направление в строительной отрасли на ближайшие 10–15 лет.

Государственное регулирование в ближайшем будущем будет играть ключевую роль в поддержке новых цифровых технологий. Ускорение и оптимизация промышленного роста, повышение производительности труда в отрасли строительства – основополагающие задачи каждого конкретного предприятия при внедрении цифрового проектирования на собственные строительные площадки [1].

При проведении исследования о преимуществах BIM-моделирования, авторы также пришли к выводу о необходимости дополнения понятийного аппарата понятием «цифровой потенциал» компании и закреплении его на законодательном уровне, что будет способствовать оценке цифровой зрелости BIM-процессов в строительстве, а также рекомендуют стандартизировать процессы формирования информационной модели объекта на основе регламентирования взаимодействий участников инвестиционно-строительного проекта, что позволит повысить производительность и ценность имеющихся цифровых активов.

Библиографический список

1. Минстрой предложил ввести понятие BIM-технологий в Градостроительный кодекс // Кодекс. – 2019. – 6 февраля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kodeks.ru/news/read/minstroy-predlozil-vvesti-ponyatie-bim-tehnologiy-v-gradostroitelnyy-kodeks> (дата обращения: 12.05.2021).

2. Цифровые технологии в строительстве // TAdviser. – 2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/a/424453> (дата обращения: 12.05.2021).
3. Alderton, M. 3 keys that will unlock the future of BIM in buildings // Redshift by Autodesk. – 2017. – February 13 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autodesk.com/redshift/future-of-bim/> (дата обращения: 12.05.2021).
4. Astour, H., Franz, B. BIM-and simulation-based site layout planning // 2014 International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. Orlando, Florida, United States, June 23-25, 2014. – Pp. 291–298. <https://doi.org/10.1061/9780784413616.037>
5. Azhar, S., Jackson, A., Sattineni, A. Construction apps: a critical review and analysis // Proceedings of the 32nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining (ISARC 2015). Oulu, Finland, June 15-18, 2015 / edited by M. Malaska and R. Heikkilä. – International Association for Automation and Robotics in Construction, 2015. – Pp. 82–88. <https://doi.org/10.22260/ISARC2015/0008>
6. Building Information Modelling // The official website for the UK Government. – 2012. – November 28 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/34710/12-1327-building-information-modelling.pdf (дата обращения: 12.05.2021).
7. Caldwell, L. What is building information modeling? 7 stories that illustrate the best of BIM? // Redshift by Autodesk. – 2017. – May 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autodesk.com/redshift/what-is-building-information-modeling/> (дата обращения: 12.05.2021).
8. Moayeri, V., Moselhi, O., Zhu, Z. Design change management using a BIM-based visualization model // International Journal of Architecture, Engineering and Construction. – V. 6, no. 1. – Pp. 1–11. <https://doi.org/10.7492/IJAEC.2017.001>
9. Romanovich, M., Simankina, T. Urban planning of underground space: The development of approaches to the formation of underground complexes – metro stations as independent real estate objects // Procedia Engineering. – 2016. – V. 165. – Pp. 1587–1594. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.897>
10. Thakker, P. Top 20 must read BIM articles // Revit Modeling India. – 2018. – May 23 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.revitmodelingindia.com/latest-blog/top-20-must-read-bim-articles/> (дата обращения: 12.05.2021).
11. What is BIM level 2? ...Glad you asked // Autodesk BIM 360. – 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bim360.autodesk.com/what-is-bim-level-2> (дата обращения: 12.05.2021).
12. Wheelis, M. The reality of digital construction // Хыт. – 2020. – January 17 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://xyht.com/constructionbim/the-reality-of-digital-construction/> (дата обращения: 12.05.2021).

References

1. The Ministry of Construction of Russia proposed to introduce the concept of BIM technologies into the Town Planning Code, *Kodeks, 2019, February 6*. Available at: <https://kodeks.ru/news/read/minstroy-predlozil-vvesti-ponyatie-bim-tehnologiy-v-gra-dostroitelnyy-kodeks> (accessed 12.05.2021). (In Russian).
2. Digital technologies in construction, *TAdviser*, 2019. Available at: <https://www.tadviser.ru/a/424453> (accessed 12.05.2021).
3. Alderton M. 3 keys that will unlock the future of BIM in buildings, *Redshift by Autodesk*, 2017, February 13. Available at: <https://www.autodesk.com/redshift/future-of-bim/> (accessed 12.05.2021).
4. Astour H., Franz B. BIM-and simulation-based site layout planning, *2014 International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. Orlando, Florida, United States, June 23-25, 2014*, pp. 291–298. <https://doi.org/10.1061/9780784413616.037>
5. Azhar S., Jackson A., Sattineni A. Construction apps: a critical review and analysis, *Proceedings of the 32nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining (ISARC 2015). Oulu, Finland, June 15-18, 2015*, edited by M. Malaska and R. Heikkilä, International Association for Automation and Robotics in Construction, 2015, pp. 82–88. <https://doi.org/10.22260/ISARC2015/0008>
6. Building Information Modelling, *The official website for the UK Government*, 2012, November 28. Available at: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/34710/12-1327-building-information-modelling.pdf (accessed 12.05.2021).
7. Caldwell L. What is building information modeling? 7 stories that illustrate the best of BIM?, *Redshift by Autodesk*, 2017, May 3. Available at: <https://www.autodesk.com/redshift/what-is-building-information-modeling/> (accessed 12.05.2021).
8. Moayeri V., Moselhi O., Zhu Z. Design change management using a BIM-based visualization model, *International Journal of Architecture, Engineering and Construction*, vol. 6, no. 1, pp. 1–11. <https://doi.org/10.7492/IJAEC.2017.001>

9. Romanovich M., Simankina T. Urban planning of underground space: The development of approaches to the formation of underground complexes – metro stations as independent real estate objects, *Procedia Engineering*, 2016, vol. 165, pp. 1587–1594. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.897>
10. Thakker P. Top 20 must read BIM articles, *Revit Modeling India*, 2018, May 23. Available at: <https://www.revitmodelingindia.com/latest-blog/top-20-must-read-bim-articles/> (accessed 12.05.2021).
11. What is BIM level 2? ...Glad you asked, *Autodesk BIM 360*, 2020. Available at: <https://bim360.autodesk.com/what-is-bim-level-2> (accessed 12.05.2021).
12. Wheelis M. The reality of digital construction, *Xyht*, 2020, January 17. Available at: <https://xyht.com/constructionbim/the-reality-of-digital-construction/> (accessed 12.05.2021).