

Использование технологии цифровых двойников в строительстве

К.М. Крюков, А.В. Шаповалов

Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Переход строительной отрасли на более высокий уровень конкурентоспособности обусловлен внедрением и применением цифровых технологий. Традиционные методы обработки поступающей информации не являются эффективными для управления таким количеством информации, которые вырабатывают современные строительные организации. В статье рассматриваются вопросы использования технологии цифровых двойников при реализации инвестиционно-строительных проектов. Целью данной статьи является определение положительных и отрицательных сторон внедрения данной технологии в деятельность проектной и строительной организации. Анализируются основные проблемы при внедрении информационных технологий в строительных организациях. Представляются основные отличия технологии информационного моделирования от технологии цифровых двойников. Приводятся преимущества для участников инвестиционно-строительной деятельности от внедрения цифровых двойников при реализации проектов.

Ключевые слова: BIM-технология, цифровой двойник, инвестиционно-строительный проект, цифровизация.

Заказчик, как субъект инвестиционно-строительной деятельности и конечный пользователь, заинтересован в качественной реализации проекта на всех стадиях жизненного цикла – включая проектирование, строительство и эксплуатацию объекта. Участники проекта, чтобы выиграть в конкурентной борьбе и не отставать от меняющихся ожиданий клиентов, должны использовать современные технологии, включая и технологии цифровой трансформации [1].

Новые технологические решения медленно осваиваются строительной отраслью. Строительство традиционно является последователем, внедряя технологии, которые уже доказали свою ценность в других отраслях промышленности. Например, современные технологии и оборудование для дронов разрабатываются и используются с 1980-х годов, использование дронов для сбора данных на строительных площадках является относительно новой тенденцией в последние годы.

Хотя существует несколько причин технологического отставания строительной отрасли в целом, одна из наиболее важных заключается в том, что принятие и внедрение новых технологий, как правило, сопряжено с большими затратами и с риском. По данным отчетности Росстата строительные организации имеют низкую прибыль (рентабельность около 3,5-4,5%) и плохо внедренная или неподходящая новая технология может привести к серьезным финансовым проблемам, если не к полному банкротству. По данным отчетности доля предприятий, не относящихся к малым и микропредприятиям в строительстве составляет около 5%. При этом необходимо отметить, что объем выполняемых ими работ составляет порядка 36-40%. Малым предприятиям, которых основное число в строительстве, не хватает финансовых ресурсов для инвестиций в новые технологии. Доля убыточных предприятий в строительстве доходит до трети от всех действующих строительных организаций. Однако, чтобы не отставать от меняющихся ожиданий заказчиков строителям необходимо будет использовать цифровизацию в своей деятельности, чтобы победить в жесткой конкуренции, и увеличить свою производительность. Цифровизация — ключ к будущему успеху строительной отрасли.

На стадии проектирования зданий и сооружений организации начинают использовать технологии информационного моделирования (BIM - Building Information Modeling) [2]. Как следует из названия, основой BIM является информация. BIM — это интеллектуальный интегрированный процесс создания 3D-моделей проектирования зданий, основанный на скоординированной надежной информации, которая используется для создания скоординированной цифровой проектной информации и документации, необходимых для строительства здания.

Ведущие поставщики программного обеспечения BIM для строительной отрасли, а также основные пользователи-проектировщики

объясняют преимущества экономии средств за счет наличия единой цифровой 3D-модели здания. BIM обеспечивает совместную работу и значительно упрощает координацию и сотрудничество между всеми участниками в ходе выполнения проектов.

Модель BIM представляет собой трехмерное цифровое представление здания, которое включает в себя как геометрическую, так и семантическую информацию об элементах. BIM обеспечивает беспрепятственную связь между специалистами в области проектирования и строительства благодаря общедоступной и согласованной базе данных и, таким образом, широко используется в управлении жизненным циклом здания, включая этапы проектирования и эксплуатации [3].

Кроме того, 4D-моделирование на основе BIM с подробной информацией о материалах и 5D-моделирование с информацией о стоимости, может помочь в процессе строительства строительных объектов. Управление строительством здания также может быть оптимизировано с использованием 3D-визуализации.

Однако, без дополнительных источников данных, BIM может предоставлять только статические данные о построенной среде и не может автоматически обновлять информацию в моделях в режиме реального времени. Информация, накопленная в процессе строительства, не используется в дальнейшем. Она остается частично у проектировщика, подрядчика и заказчика [4]. Созданная 3D-модель объекта не обновляется на этапе строительства, произведенные изменения в проекте не объединяются.

Информации, получаемой в процессе строительства, очень много, но использовать ее в дальнейшем не представляется возможным. Она хранится в разных форматах, различных базах данных, имеет разную структуру. Технология BIM не предназначена для управления таким массивом данных [5]. Использование технологии цифрового двойника позволяет на основе

реальных данных объединить всю информацию об объекте и обеспечить обмен информацией между различными платформами.

Термин «цифровой двойник» (Digital Twin) относится к цифровому представлению физических активов, процессов и систем, а также их динамики, которое можно использовать для различных целей [6]. Цифровой двойник — это технология цифровизации, которая соединяет реальный и виртуальный миры. Он использует данные в режиме реального времени и другие источники для улучшения процесса принятия решений. Эта модель собирает данные и использует симуляции для создания модели, которая работает так же, как ее аналог из реального мира. Техника цифрового двойника заменяет все допущения при проектировании реальными данными, в результате чего создается рабочая модель объекта в реальном времени. Люди и процессы становятся важными источниками данных по мере развития цифрового двойника.

В России с 1 января 2022 года действует ГОСТ Р 57700.37-2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения», который дает определение цифрового двойника и определяет порядок разработки цифровых двойников, типовые требования к структуре и порядку их сопровождения и т.д. Данный стандарт разработан с учетом потребностей машиностроения, но может быть применен и для строительной отрасли.

ВМ фокусируется на проектировании здания. Цифровой двойник — это симуляция того, как специалисты взаимодействуют со своим окружением в процессе строительства и эксплуатации здания или сооружения. Представляется неверным использовать технологию ВМ как цифровое физическое пространство объекта. ВМ позволяет создать качественный проект объекта, а цифровую копию реализованного физического объекта и его местоположения позволяет смоделировать цифровой двойник [7].

Создание цифрового двойника на основе данных дает заинтересованным сторонам проекта конкурентное преимущество, позволяя им принимать быстрые и обоснованные решения на основе данных в реальном времени, доступных в любое время и из любого места [8].

Хотя технологии BIM и цифрового двойника предназначены для улучшения координации участников проекта, повышения качества и производительности работ проектировщиков и подрядчиков, они различаются по ключевым параметрам (табл.1).

Таблица 1

Основные отличия технологии BIM и цифрового двойника

BIM	Цифровой двойник
Использует информацию для проектирования зданий	Использует информацию для управления процессами и персоналом
Исходная модель здания	Приближенная к реальности цифровая копия объекта
База данных функциональных компонентов частей здания	База данных действий в режиме реального времени
Не предназначен для оперативного управления строительством	Так как используются данные возведения объекта в режиме реального времени, то имеется возможность оперативно управлять процессами
Возможность создания качественного и полного проекта строительства объекта, но невозможно осуществлять прогнозирование управления строительством здания.	Используя реальные данные, позволяет управлять процессами и планировать дальнейшие действия в целях качественного строительства или обслуживания объекта
Визуализация проектирования	Управление взаимодействием специалистов в процессе строительства

BIM является наиболее важным источником информации для любого цифрового двойника [9]. Внедрение BIM — это первый шаг к созданию цифрового двойника. Цифровой двойник — это реальная версия, которая создается как часть процесса цифровизации для создания виртуальной

модели. Затем этот искусственный цифровой двойник может развиваться в режиме реального времени с использованием данных в реальном времени [10].

Цифровой двойник объединяет данные в единой проверенной среде, к которой может получить доступ каждый участник инвестиционно-строительной деятельности [11].

К основным достоинствам внедрения цифровых двойников в инвестиционно-строительных проектах можно отнести:

- регулярный обмен реальными данными от строительной площадки к цифровому двойнику и обратно позволяет оперативно принимать решения всеми субъектами проектной деятельности;

- при сдаче объекта в эксплуатацию обеспечивается прозрачность для заказчика и данные могут быть использованы для оценки качества реализованного проекта;

- сокращение сроков строительства объектов путем своевременного реагирования на недостаточный запас материальных ресурсов на складах;

- сравнение проектных решений для каждого вида работ и конструкций с построенными позволяет сократить ошибки и уменьшить количество переделок;

- своевременное отслеживание требований по технике безопасности в режиме реального времени позволяет снизить риск несчастных случаев на строительной площадке;

- использование данных цифрового двойника после сдачи в эксплуатацию объекта позволяет своевременно проводить техническое обслуживание.

Проектировщики и строители могут использовать технологию цифровых двойников для улучшения своих производственных процессов и совместной командной работы в целях эффективного обслуживания

клиентов и разработки более качественных строительных продуктов. Строительные организации, которые начинают изучать и внедрять технологии цифровых двойников, которые еще развиваются, смогут позиционировать себя, как лидеры в данной области с получением долгосрочных конкурентных преимуществ.

Литература

1. Зеленцов Л. Б., Цапко К. А., Беликова И. Ф., Пирко Д. В. Совершенствование процесса строительства с использованием BIM-технологий // Инженерный вестник Дона, 2020, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6346.
 2. Постнов, К. В. Подход к внедрению цифровых технологий в практику работы проектных организаций // Строительство и архитектура, 2021. Т. 9. – № 4. – С. 61-65. – URL: DOI 10.29039/2308-0191-2021-9-4-61-65.
 3. Ильинова, В. В., Мицевич В. Д. Международный опыт использования BIM-технологий в строительстве // Российский внешнеэкономический вестник, 2021, № 6. – С. 79-93. – URL: DOI 10.24412/2072-8042-2021-6-79-93.
 4. Батова, А. В., Дубровская Т. Н., Пищугин Д. А. Внедрение цифровых технологий в строительство // Цифровая и отраслевая экономика, 2020, № 1. – С. 108-113.
 5. Козлов, П. О., Рогачев Е. С., Шипелев И. Л. Цифровые двойники в строительстве на фоне развития технологий BIM // Материалы 61-й студенческой научно-технической конференции инженерно-строительного института ТОГУ: Материалы конференции, Хабаровск, 19–23 апреля 2021 года. – Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2021. – С. 275-279с.
 6. Söderberg R., Wärmeffjord K., Carlson J. S., Lindkvist L. Toward a Digital Twin for real-time geometry assurance in individualized production/ CIRP Annals URL: doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.038.
-

7. Иванова И. Б., Васильева А. Ю. «Цифровой двойник» здания: отличие от BIM-технологий, источники эффективности применения в жилищно-коммунальном хозяйстве // Социально-экономическое управление: теория и практика. 2021. № 2 (45). С. 43–49. URL: DOI: 10.22213/2618-9763-2021-1-43-49

8. Череповская, Ю. А. Цифровые двойники для управления рисками цепей поставок в условиях пандемии COVID-19 // Инженерный вестник Дона, 2021, № 7. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7116.

9. Salem T., Dragomir M. Options for and Challenges of Employing Digital Twins in Construction Management. Applied Sciences. 2022, 12, 2928. URL: doi.org/10.3390/app12062928

10. Sacks R., Brilakis I., Pikas E., Xie H. S., Girolami M. Construction with digital twin information systems Data-Centric Engineering, 2020, URL: doi:10.1017/dce.2020.16

11. Кузнецова, С. В. Преимущества применения технологии "цифровых двойников" в зарубежном и отечественном производстве // Сборник научных трудов вузов России "Проблемы экономики, финансов и управления производством". – 2019. – № 45. – С. 49-57.

References

1. Zelencov L. B., Sapko K. A., Belikova I. F., Pirko D. V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6346.

2. Postnov, K. V. Stroitel'stvo i arhitektura, 2021. Т. 9. № 4. pp. 61-65. URL: DOI 10.29039/2308-0191-2021-9-4-61-65.

3. Il'ina, V. V., Micevich V. D. Rossijskij vneshnejekonomicheskij vestnik, 2021, № 6. pp. 79-93. URL: DOI 10.24412/2072-8042-2021-6-79-93.

4. Batova, A. V., Dubrovskaja T. N., Pishhugin D. A. Cifrovaja i otraslevaja jekonomika, 2020, № 1. pp. 108-113.



5. Kozlov, P. O., Rogachev E. S., Shipelev I. L. Materialy 61-j studencheskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii inzhenerno-stroitel'nogo instituta TOGU, 2021, Habarovsk: Tihookeanskij gosudarstvennyj universitet, 2021. pp. 275-279.
6. Söderberg R., Wärmefjord K., Carlson J. S., Lindkvist L. CIRP Annals URL: doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.038
7. Ivanova I. B., Vasil'eva A. Ju. Social'no-jekonomicheskoe upravlenie: teorija i praktika. 2021. № 2 (45). p. 43–49. URL: DOI: 10.22213/2618-9763-2021-1-43-49
8. Cherepovskaja, Ju. A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, № 7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7116.
9. Salem T., Dragomir M. Applied Sciences. 2022, 12, 2928. URL: doi.org/10.3390/app12062928
10. Sacks R., Brilakis I., Pikas E., Xie H. S., Girolami M. Data-Centric Engineering, 2020. URL: doi:10.1017/dce.2020.16
11. Kuznecova, S. V. Sbornik nauchnyh trudov vuzov Rossii "Problemy jekonomiki, finansov i upravlenija proizvodstvom", 2019, № 45. pp. 49-57.