

Тенденции развития цифровых технологий в организации строительного производства

К.А. Стрельникова, Д.К. Тимохин

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Аннотация: В статье приводится обзор цифровых технологий, применяемых в строительстве, проблемы их развития.

Ключевые слова: цифровые технологии, BIM-модель, 3D-печать зданий, строительное производство, смета, 3D-сканирование.

Организация строительного производства – система подготовки к выполнению отдельных видов взаимосвязанных работ, которая служит установлению и обеспечению общего порядка, очередности и сроков выполнения работ, следит за ресурсным снабжением и качеством выполнения как отдельных работ, так и всего проекта в целом.

Это – сложный и комплексный процесс, требующий от специалистов слаженной работы, видения общей картины и постоянной готовности реагировать на форс-мажорные обстоятельства. Концепцию организации строительного производства можно описать так – максимум результата при минимальных затратах и издержках.

Для достижения этих целей строительные организации ставят перед собой ряд задач, которые достигаются грамотной организацией строительного производства:

- 1) Исполнение возложенных обязанностей в срок;
- 2) Непрерывность производственных процессов и исключение простоев;
- 3) Минимизация любых издержек;
- 4) Своевременная поставка необходимых материалов и изделий.

При этом не исключается, а подчеркивается важность соблюдения безопасности на строительной площадке и обеспечение высоких санитарно-бытовых условий для рабочих.

Одной из особенностей строительства является нестационарность, временный характер процесса и неоднотипность конечного продукта – здания или сооружения. На практике это приводит к необходимости отслеживания множества факторов окружающей среды, которые могут прямо или косвенно повлиять на строительные процессы – осадка грунтов, метеорологические условия, профессионализм рабочих, форс-мажорные обстоятельства и качество используемых материалов.

Каждый проект – уникален, даже при условии его тотальной унификации. Ведь помимо процесса строительства, необходимо также учитывать погодные условия места строительства, расположение временных зданий и сооружений, окружающих строительную площадку объектов.

Необходимо не забывать и о воздействии на экологию, точках подключения временных коммуникаций к постоянным и даже о финансовой стабильности строительной организации и ситуации на рынке строительных материалов. Расчёт каждого параметра индивидуален для каждого проекта, а актуальность информации иногда не должна превышать нескольких дней.

В силу данных обстоятельств, строительство стало одной из первых отраслей, которые начали взаимодействовать с цифровыми технологиями и использовать их в самых разнообразных целях – от проектирования и «оцифровки» чертежей и ведения расчётов прочности конструкций, до визуализации планируемых проектов в маркетинговых целях.

Общая тенденция, которая сохраняется на протяжении всего развития цифровых технологий в строительстве – это цифровизация всех его процессов и объединение их в одну большую взаимосвязанную систему, где переменные влияют друг на друга.

При этом полученные данные не остаются «в облаке», внести информацию в которое может только специалист, а постепенно интегрируются в процесс строительства и начинают обмениваться информацией с реальным миром на разных этапах возведения и эксплуатации зданий и сооружений [1].

Наиболее «отлаженная» на данный момент отрасль цифрового строительства – создание BIM (Building Information Model) – информационной модели здания или сооружения, что является актуальным направлением, описываемым так же в [2].

В результате работы над подобной моделью, специалисты создают виртуальную модель здания или сооружения в мельчайших подробностях – от армирования фундаментных стаканов до толщины труб в системах водоснабжения.

Концептуальное отличие от обычной 3D-модели, которую применяют в кинематографе или компьютерных играх – наличие связанной с моделью здания базы данных, в которой содержатся используемые элементы и материалы. Это позволяет мгновенно получать комплекты чертежей, спецификации, выполнять расчет узлов конструкции на нагрузку, формировать сметы и получать любые необходимые данные, которые содержатся в базе.

Так как модель здания, по сути, является единым целым, внесение в неё изменений затронет и всю связанную с ней документацию, что позволяет исключить человеческий фактор при оформлении строительной документации.

Наиболее популярными решениями для создания BIM-моделей на данный момент являются Revit, AutoCAD и ZWSOFT. Кроме перечисленных преимуществ, к особенностям всего программного обеспечения подобного рода можно отнести возможность удаленной работы, что открывает

возможности для командного сотрудничества и позволяет различным отделам строительной компании координироваться между собой.

Перспектива подобных технологий – полная взаимосвязь между «цифровой» и реальной моделью здания, создание системы автоматизированного контроля за ходом строительства, снятие показателей с геодезического и иного оборудования, которое позволит в реальном времени производить расчет прочности реальных несущих конструкций и, при необходимости, сигнализировать о нарушениях и потенциально опасных ситуациях. Однако не все аспекты информационной модели реализуемы на данном этапе развития, как указывается в [3], т.е. на данном этапе отсутствует окончательно законченный и цикл с взаимной увязкой нормативов, который дает возможность работать заказчику полноценно с блоком информации. Среди BIM-технологий развитие получили так же BIM-программы для эффективного составления сметных расчетов, что является неотъемлемой частью при организации строительного производства. Среди таких ПО сейчас выделяются: ABC-смета, 5D смета, SmetaWisard, 1С-смета [4]. Общая суть работы таких программ заключается в следующем: четко разделены обязанности проектировщика и сметчика, проектировщик работает в своей программе, где выполнен проект, установив надстройку сметной информации, а сметчик – в модуле привязке сметных нормативов [4]. Данные программы позволяют ускорить работу сметчика, поскольку ему не нужно углубляться и искать данные от проектировщика, они все есть в единой модели.

Другая развивающаяся цифровая технология, только набирающая обороты – это лазерное 3D-сканирование.

На данный момент лазерное 3D-сканирование, в основном, применяется для создания трехмерного кадастра недвижимости и создания

«карты высот» для дальнейшего расположения 3D-модели здания на участке. Это позволяет свести ошибки в предварительных расчетах к минимуму.

Принцип технологии прост – лазерный сканер, посредством выполнения измерений, создает «облако точек», которое с помощью специального программного обеспечения конвертируется в 3D-модель здания. Сканирование выполняется с точностью до миллиметра, а значит – позволяет создать как невероятно подробную карту высот, так и выявить все осадки и деформации в уже построенном здании.

Уже сейчас технологию стараются применять как можно шире – выполняются работы по сканированию промышленных объектов, фасадов жилых домов, объектов горной промышленности, при реставрации зданий и выполнения дизайнов жилых помещений.

Само лазерное 3D-сканирование найдет применение на любых этапах выполнения строительных работ, а с развитием технологии и совершенствованием процесса оцифровки появится возможность в реальном времени отслеживать ошибки в выполнении монтажно-строительных работ.

К этому вопросу уже приступила компания Scaled Robotics, которая занимается созданием мобильного робота с множеством датчиков. Они позволяют собирать информацию о состоянии объекта в реальном времени.

Благодаря Scarpath Robotics Husky UGV, становится возможным отслеживание строительного процесса в реальном времени. Мобильный робот оснащен несколькими встроенными датчиками, среди которых камеры, лидары, инерциальные измерительные модули (IMU) и датчики RGBD.

Устройство осуществляет сбор данных на разных этапах производства, а затем сопоставляет полученные измерения с расчетными – теми, что заложены в BIM-модели объекта.

Регулярное использование подобной технологии на различных этапах работы позволит оперативно выявлять ошибки в строительном-монтажном

процессе и, соответственно, реагировать на них в приемлемые в финансовом плане сроки.

Концепция подобных роботов-инспекторов не является новой, несколько компаний занимаются разработкой схожих по функционалу устройств.

Результатом подобной «гонки вооружений» может стать создание действительно удобного прибора, возможности которого позволят на ранних этапах устранять возникающие ошибки и, при необходимости, сигнализировать о потенциальных проблемах в календарном планировании строительных работ [5-7].

Именно они в будущем будут давать «обратную связь» и станут «мостом» между BIM-моделью здания и её реальным аналогом. Наконец, последним шагом к автоматизированному строительству стала технология 3D-печати зданий.

3D-печать зданий – самая молодая из приведенных технологий, основанная на экструдировании (выдавливании) послойно специальной смеси. Смесь, в большинстве случаев, состоит из цемента, наполнителя, пластификатора и других добавок.

Сам процесс не отличается от бытовой 3D-печати, за исключением масштабов и степени проработки – на данный момент строительная 3D-печать не позволяет создать строения сложной геометрической формы в силу технических ограничений и баланса между несущей способностью и временем застывания смеси.

3D-печать зданий – перспективное направление, которое в будущем позволит автоматизировать возведение несущих конструкций зданий, а при достаточном развитии технологии – и всё строительство в целом.

Уже сейчас существует другие варианты механизма работы строительного 3D-принтера. Оборудование D-Shape печатает конструкции

путем наслоения песка и связывающего реагента, а компания Yhnova для возведения стен использовала подобие монтажной пены, которая составила опалубку здания, после залитую бетоном.

И всё это – лишь первые попытки развития технологии 3D-печати. С появлением новых способов нанесения материалов, появится возможность выполнения как строительно-монтажных, так и отделочных работ. При этом, сам процесс можно автоматизировать, используя вышеназванные технологии – от проектирования модели здания до контроля за производством.

Общие тенденции цифровых технологий в строительстве ведут к созданию максимально точной цифровой BIM-модели здания (проектируемого или существующего) с последующим контролем за процессом строительных процессов путем сканирования в реальном времени, а также автоматизации самого процесса путем использования промышленной 3D-печати [8].

Всё вышеперечисленное на данный момент – перспективные, но «сырые» технологии для России, требующие масштабного влияния человеческих и финансовых ресурсов в своё развитие [9-11].

На данный момент сотни компаний по всему миру занимаются разработкой инновационных технологий в строительстве, и каждая из них сталкивается с проблемами «передовой» - отсутствием массовости производства (а значит, высокой себестоимостью приборов), опасностью повреждения приборов, вследствие человеческого фактора и несовершенства конструкции, а также с общим несовершенством продукта, находящегося в интенсивной разработке.

Сейчас идет обкатка технологий, отбор наиболее выгодных по всем параметрам вариантов и эксперименты с существующими технологиями и возможностями.

Но, при должном финансировании, они позволят свести к минимуму ошибки в строительном процессе, максимально оптимизировать издержки и обезопасить рабочих путем их дистанцирования от строительной площадки.

Литература

1. Шестакова, Е. Б. Цифровые технологии в строительстве: учебное пособие. — Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 208 с. — ISBN 978-5-4497-1517-3 // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART. URL: iprbookshop.ru/117866.html.
2. Христофорова К.А., Демидова В.С., Кривоги́на Д.Н. Субъектно-ориентированное обоснование выбора программного обеспечения для реализации BIM-технологий, совместимых с календарно-сетевым планированием в капитальном строительстве // Инженерный вестник Дона, 2021, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2021/7369.
3. Ледовских Л. И., Карпиняну Е. Нормативно-техническая база по применению BIM-технологии на начало 2021 года // Инженерный вестник Дона, 2021, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6964.
4. Никитина Е.А. Внедрение BIM-технологий в сметную документацию // Инженерный вестник Дона, 2020, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6725.
5. Абрамян С.Г., Котляревская А. В., Оганесян О.В., Бурлаченко О.В., Дикмеджян А.А. Проблемы внедрения BIM-технологий в строительном секторе: обзор научных публикаций // Инженерный вестник Дона, 2019, №9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2019/6202.
6. Петров К.С., Кузьмина В.А., Федорова К.Ф. Программы внедрения программных комплексов на основе технологий информационного моделирования (BIM – технологий) // Инженерный вестник Дона. 2018, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4057.
7. Gamil Y., Rahman IA. Awareness and challenges of building

information modelling (BIM) in the Yemen construction industry. *Journal of Engineering Design and Technology*. 2019. Vol. 17 (Iss. 5), pp. 1077-1084.

8. Ahuja R., Sawhney A., Jain M., Arif M., Rakshit S. Factors influencing BIM adoption in emerging markets - the case of India. *International Journal of Construction Management*. 2020. Vol. 20 (Iss.1), pp. 65-76.

9. Park E., Kwon SJ, Han J. Antecedents of the adoption of building information modeling technology in Korea. *Engineering Construction and Architectural Management*. 2019. Vol. 26 (Iss.8), pp. 1735-1749.

10. Silverio-Fernandez MA, Renukappa S., Suresh S. Evaluating critical success factors for implementing smart devices in the construction industry an empirical study in the Dominican Republic. *Engineering Construction and Architectural Management*. 2019. Vol. 26 (Iss.8), pp. 1625-1640.

11. Ahankoob A., Manley K., Abbasnejad B. The role of contractors' building information modelling (BIM) experience in realising the potential values of BIM. *International Journal of Construction Management*. 2019. Early Access. DOI: 10.1080/15623599.2019.1639126.

References

1. Shestakova, E. B. *Cifrovyye texnologii v stroitel'stve: uchebnoe posobie*. [Digital technologies in construction: a textbook]. Moskva: Aj Pi Ar Media, 2022. 208 p. Cifrovoy obrazovatel'nyj resurs IPR SMART, URL: iprbookshop.ru/117866.html.

2. Kristoforova K.A., Demidova V.S., Krivogina D.N. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2021, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2021/7369.

3. Ledovskix L. I., Karpinyanu E. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2021, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6964.

4. Nikitina E.A. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2020, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6725.



5. Abramyan S.G., Kotlyarevskaya A. V., Oganesyanyan O.V., Burlachenko O.V., Dikmedzhyan A.A. Inzhenernyj vestnik dona, 2019, №9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2019/6202.
6. Petrov K.S., Kuz`mina V.A., Fedorova K.F. Inzhenernyj vestnik Dona. 2018, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4057.
7. Gamil Y., Rahman IA. Journal of Engineering Design and Technology. 2019. Vol. 17 (Iss. 5), pp. 1077-1084.
8. Ahuja R., Sawhney A., Jain M., Arif M., Rakshit S. International Journal of Construction Management. 2020. Vol. 20 (Iss.1), pp. 65-76.
9. Park E., Kwon SJ, Han J. Engineering Construction and Architectural Management. 2019. Vol. 26 (Iss.8), pp. 1735-1749.
10. Silverio-Fernandez MA, Renukappa S., Suresh S. Engineering Construction and Architectural Management. 2019. Vol. 26 (Iss.8), pp. 1625-1640.
11. Ahankoob A., Manley K., Abbasnejad B. International Journal of Construction Management. 2019. Early Access. DOI: [10.1080/15623599.2019.1639126](https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1639126).