

А.В. АЛЕКСАНИН¹

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
г. Москва, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ЭТАПЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТА

***Аннотация.** На строительных площадках многие функции человека выполняют строительные машины и механизмы, ручной труд сводится к минимуму. Постепенно внедряются роботизированные комплексы, что с течением нескольких десятилетий может полностью исключить участие рабочего во многих процессах на уровне исполнителя. Изменяются подходы к проектированию и управлению реализацией инвестиционно-строительных проектов - увеличивается количество компаний, которые внедряют в свою деятельность высокотехнологичные цифровые решения, требующие наличия персонала, способного эффективно выполнять работу в цифровой информационной среде на каждом из этапов жизненного цикла здания. В рамках данного исследования рассматривается вопрос создания и внедрения цифровой информационной модели объекта на этапе строительства объекта капитального строительства. Приводится структура цифровой информационной модели и описывается ее влияние на организационно-технологическое проектирование в рамках реализации строительного проекта. Указываются факторы, сдерживающие внедрение технологий информационного моделирования на этапах возведения объекта капитального строительства.*

***Ключевые слова:** строительная модель, информационное моделирование, информатизация, организационно-технологическое проектирование.*

A.V. ALEKSANIN¹

¹National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES AT THE FACILITY CONSTRUCTION STAGE

***Abstract.** On construction sites, many human functions are performed by construction machines and mechanisms, manual labor is minimized. Robotic complexes are gradually being introduced, which over the course of several decades can completely exclude the participation of a worker in many processes at the level of the performer. Approaches to the design and management of the implementation of investment and construction projects are changing - the number of companies that introduce high-tech digital solutions into their activities, requiring personnel capable of effectively performing work in a digital information environment at each stage of the building's life cycle, is increasing. Within the framework of this study, the issue of creating and implementing a digital information model of an object at the construction stage is considered. The structure of the model is given and its influence on the organizational and technological design within the framework of the construction project is described. The factors constraining the introduction of information modeling technologies at the stages of construction of a capital construction object are indicated.*

***Keywords:** building model, information modeling, informatization, organizational and technological design.*

Введение

Согласно статистическим данным (рисунок 1) за последние несколько лет, несмотря на воздействие многих внешних факторов, наблюдается стабильный рост объемов ввода в эксплуатацию зданий жилого и нежилого назначения [1].

© Алексанин А.В., 2023

Потребности граждан в комфортном, безопасном жилье и объектах социальной инфраструктуры [2, 3], расширение городов за счет присоединения прилегающих территорий [4], реновация жилых районов [5] и промышленных зон [6, 7] ежегодно стимулируют развитие строительной отрасли, которая является одной из ключевых в государстве.



Рисунок 1 – Статистика ввода в действие зданий за 2015-2021 гг.

В век информационных технологий приоритетным направлением развития строительства в соответствии с «Дорожной картой по реализации Стратегии развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 года» является цифровизация [8, 9].

Модели и методы

В настоящий момент реализуется система мероприятий, направленных на скорейшее внедрение сквозных технологий информационного моделирования на каждом из этапов жизненного цикла объекта капитального строительства:

- совершенствуется нормативно-правовая база;
- в электронный вид переведено взаимодействие застройщиков и органов исполнительной власти по оформлению градостроительной документации;
- внедрена единая цифровая платформа экспертизы проектной документации;
- нормативно закреплена необходимость разработки цифровых информационных моделей зданий и сооружений.

Однако, существуют также проблемы, замедляющие распространение цифровизации в строительстве [10].

Внедрение цифровых информационных моделей важно на каждом из этапов жизненного цикла объекта, так как позволяет повысить результативность реализации проектов - сократить сроки производства работ, снизить затраты и повысить качество конечной продукции. Создание цифровых двойников зданий и сооружений обеспечивает передачу данных от физического объекта его цифровой виртуальной копии, в результате этого человек получает всестороннюю информацию об объекте в режиме реального времени [11-14].

На этапе строительства, реконструкции, капитального ремонта объекта разрабатываются цифровые строительная и исполнительная модели (СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла»). Строительная информационная модель представляет собой организационно-технологическую модель процессов возведения объекта и включает в себя все взаимосвязанные графические и атрибутивные данные, необходимые для выполнения строительно-монтажных работ, в том числе проект производства работ (ППР). Исполнительная информационная модель включает в себя

графическую и атрибутивную информацию по итогам выполнения строительно-монтажных работ для осуществления строительного контроля и Государственного строительного надзора.

Основой разработки строительной модели является цифровая проектная модель, созданная на предыдущей стадии архитектурно-строительного проектирования. Строительная модель формируется в результате комплектации цифровой проектной модели дополнительными атрибутами (рисунок 2) и включает в себя:

- стройгенплан производства работ с необходимыми атрибутивными данными для моделирования внутриплощадочных дорог, открытых и закрытых мест складирования материалов, укрупненной сборки строительных конструкций и т.п.;
- основные и вспомогательные (временные) здания и сооружения с информацией о поставщиках, стоимости материальных ресурсов, технологии и сроках монтажа структурных элементов (архитектурные, конструктивные, инженерные);
- строительную технику и приспособления с информацией о технических характеристиках, производительности, поставщиках, стоимости аренды;
- условия техники безопасности при производстве работ;
- данные о производителях работ;
- сведения о способах контроля выполнения строительно-монтажных работ;
- формы отчетов о выполнении работ.



Рисунок 2 – Структура содержания строительной модели

Результаты исследования и их анализ

Для принятия важных управленческих решений на этапе строительства объекта необходимо обладать точной и достоверной информацией о состоянии ресурсов, реальной стадии выполнения производственных процессов, отклонениях от установленных сроков производства работ, иметь возможность моделирования нескольких вариантов и выбора наиболее рационального. Наличие строительной информационной модели обеспечивает решение многих актуальных задач организационно-технологического проектирования и позволяет:

- организовать оперативное взаимодействие и обмен информацией между всеми участниками реализации строительного проекта за счет использования возможностей среды общих данных;
- моделировать технологию выполнения процессов производства работ;
- формировать ведомости объемов работ по отдельным организационно-пространственным модулям;
- моделировать организационные и управленческие решения на строительной площадке
- учитывать климатические, календарные, технологические особенности производства работ; корректировать календарные графики производства работ; графики поставки материалов, конструкций, оборудования; графики движения рабочей силы; графики использования строительной техники; оперативно формировать отчеты «план-факт» о ходе реализации проекта;
- визуализировать выполнение строительно-монтажных работ в реальном времени с привязкой к календарному плану строительства (4d моделирование);
- контролировать и управлять материально-техническим обеспечением строительства;
- учитывать в цифровой модели выполненные объемы работ с использованием средств лазерного сканирования, фотофиксации, фотограмметрии.

Успешное создание и использование строительной модели на практике основывается на едином подходе, который позволяет визуализировать процесс возведения объекта и параллельно с этим осуществлять управление организационно-технологическими изменениями в ходе строительно-монтажных работ. Наличие цифровой строительной модели обеспечивает более эффективное вариантное проектирование – определение оптимального количества исполнителей работ и техники, оптимизацию структуры календарных планов, определение объемов и сметной стоимости работ при использовании различных технологий возведения и т.п.

Внедрению цифровизации в сферу технологии и организации строительства сопутствуют сдерживающие факторы, которые условно можно разделить на кадровые, инструментальные и методологические [15-17]:

1. Кадровые: дефицит специалистов в сфере технологий информационного моделирования (ТИМ) на этапах возведения объекта капитального строительства, начальная стадия становление рынка инжиниринговых услуг ТИМ;
2. Инструментальные: начальная стадия развития рынка программных комплексов отечественного производства, необходимых для достижения соответствующих целей на этапе реализации проекта; отсутствие в цифровом формате баз данных, содержащих цифровые технологические карты и их отдельные элементы.
3. Методологические: на начальном этапе находится формирование регламентов разработки цифровых строительных моделей, включающих в себя сведения о классификации элементов, разделении объектов на организационно-пространственные модули, алгоритмах принятия решений при вариантном проектировании, требованиях к обеспечению оптимальных технико-экономических показателей и т.п.

Выводы

Цифровизация затрагивает многие направления строительства: проектирование, выполнение строительно-монтажных процессов, материально-техническое обеспечение, осуществление контроля, надзора и приемки выполненных работ. Информационные технологии позволяют выстраивать эффективные механизмы планирования, организации и контроля строительства, «безболезненно» вносить изменения в реализуемый проект на самых ранних стадиях его жизненного цикла, повышать эффективность обоснования и прозрачность принимаемых решений.

Также следует отметить, что помимо использования цифровых информационных моделей в настоящее время проводятся исследования по разработке и внедрению в строительство концепции «интернета вещей» (технологии RFID), искусственного интеллекта,

технологий виртуальной и дополненной реальностей, 3D печати, роботизации, беспилотных летательных аппаратов, возобновляемых источников энергии и т.п. Развитие направлений индустрии 4.0 открывает широкий спектр возможностей для удовлетворения потребностей конечного потребителя в качественных, безопасных и современных зданиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Строительство в России. 2022: Стат. Сб. / Росстат. М., 2022. 148 с.
2. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Бакаева Н.В. Вопросы комфортности и безопасности городской среды и их решение в рамках законодательных и нормативных документов // Строительство и реконструкция. 2021. № 2. С. 74-85.
3. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Гордон В.А., Кормина А.А. Статистические зависимости показателей благоприятной среды жизнедеятельности биосферосовместимого города // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. № 5. С. 545-556.
4. Зильберова И.Ю., Маилян В.Д., Петров К.С., Беланова М.А. Реновация как разновидность модернизации городских территорий // Инженерный вестник Дона. 2019. № 9. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_141__7y2019_zilberova.pdf_d97fea8ecd.pdf
5. Ильичева Е.Д., Кузьмина Т.К. Слабые стороны проекта организации строительства при прохождении московской государственной экспертизы в условиях реновации // Инженерный вестник Дона. 2021. № 5. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_40__4_Ilicheva.pdf_6156baf618.pdf
6. Алексанин А.В. Актуальность проблемы управления строительными отходами при реновации территорий // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 9. С. 77-80.
7. Светловская А.А. Реновация бывших промышленных территорий // Инновации. Наука. Образование. 2022. № 52. С. 532-539.
8. Марыгина Л.В., Пестрикова О.А. Повышение эффективности управления инвестиционно-строительными проектами на основе цифровизации // Инженерный вестник Дона. 2022. № 2. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_40__2_Marygina_Pestrikova.docx.pdf_3224201386.pdf
9. Ерофеев В.Т., Пиксайкина А.А., Булгаков А.Г., Ермолаев В.В. Цифровизация в строительстве, как эффективный инструмент современного развития отрасли // Эксперт: теория и практика. 2021. № 3 (12). С. 9-14.
10. Киевский И.Л., Жаров Я.В., Юргайтис А.Ю. Новеллы первого объединенного евразийского конгресса по технологиям информационного моделирования // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 2. С. 43-50.
11. Алексанин А.В., Жаров Я.В. Потенциал использования цифровых информационных моделей в рамках управления строительством // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 1. С. 52-55.
12. Крюков К.М., Шаповалов А.В. Использование технологии цифровых двойников в строительстве // Инженерный вестник Дона. 2022. № 5. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_31__5_Krukova.pdf_ea8060033c.pdf
13. Zhang J., Cheng J. C. P., Chen W., Chen K. Digital Twins for Construction Sites: Concepts, LoD Definition, and Applications // Journal of Management in Engineering. 2022. Vol. 38. Pp. 1-16.
14. Opoku D. G. J., Perera S., Osei-Kyei R., Rashidi M., Famakinwa T., Bamdad K. Drivers for Digital Twin Adoption in the Construction Industry: A Systematic Literature Review // Buildings. 2022. Vol. 22. Pp. 1-19.
15. Алексанин А.В., Екимовская В.А., Дударева А.Ю. Повышение эффективности технологических процессов и эксплуатации предприятий промышленной отрасли за счет внедрения технологий индустрии 4.0 // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2022. № 4 (40). С. 81-91.
16. Elghaish F., Matarneh S.T., Edwards D.J., Rahimian F. P., El-Gohary H., Ejohwomu O. Applications of Industry 4.0 digital technologies towards a construction circular economy: gap analysis and conceptual framework // Construction Innovation. 2022. Pp. 1-31.
17. Sacks R., Girolami M., Brilakis I. Building Information Modelling, Artificial Intelligence and Construction Tech // Developments in the Built Environment. 2020. Vol. 4. Pp. 1-9.

REFERENCES

1. Stroitel'stvo v Rossii [Construction in Russia]. 2022: Stat. Sb. / Rosstat. M., 2022. 148 p.
2. Il'ichev V.A., Kolchunov V.I., Bakaeva N.V. Voprosy komfortnosti i bezopasnosti gorodskoy sredy i ikh reshenie v ramkakh zakonodatel'nykh i normativnykh dokumentov [Issues of comfort and safety of the urban environment and their solution within the framework of legislative and regulatory documents]. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2021. No. 2. Pp. 74-85. (rus)
3. Il'ichev V.A., Kolchunov V.I., Gordon V.A., Kormina A.A. Statisticheskie zavisimosti pokazateley blagopriyatnoy sredy zhiznedeyatel'nosti biosferosovmestimogo goroda [Statistical dependences of indicators of a favorable environment for the life of a biosphere-compatible city]. *Vestnik MGSU*. 2021. T. 16. No. 5. Pp. 545-556. (rus)

4. Zil'berova I.Yu., Mailyan V.D., Petrov K.S., Belanova M.A. Renovatsiya kak raznovidnost' modernizatsii gorodskikh territoriy [Renovation as a kind of modernization of urban areas]. *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2019. No. 9. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_141__7y2019_zilberova.pdf_d97fea8ecd.pdf (rus)
5. Il'icheva E.D., Kuz'mina T.K. Slabye storony proekta organizatsii stroitel'stva pri prokhozhenii moskovskoy gosudarstvennoy ekspertizy v usloviyakh renovatsii [Weaknesses of the construction organization project during the passage of the Moscow state examination in the conditions of renovation]. *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2021. No. 5. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_40__4_Il'icheva.pdf_6156b_af618.pdf (rus)
6. Aleksanin A.V. Aktual'nost' problemy upravleniya stroitel'nymi otkhodami pri reno-vatsii territoriy [The relevance of the problem of construction waste management in the renovation of territories]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2017. No. 9. Pp. 77-80. (rus)
7. Svetlovskaya A.A. Renovatsiya byvshikh promyshlennykh territoriy [Renovation of former industrial areas]. *Innovatsii. Nauka. Obrazovanie*. 2022. No. 52. Pp. 532-539. (rus)
8. Marygina L.V., Pestrikova O.A. Povyshenie effektivnosti upravleniya investitsionno-stroitel'nymi proektami na osnove tsifrovizatsii [Improving the efficiency of managing investment and construction projects based on digitalization]. *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2022. No. 2. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_40__2_Marygina_Pestrikova.docx.pdf_3224201386.pdf (rus)
9. Erofeev V.T., Piksaykina A.A., Bulgakov A.G., Ermolaev V.V. Tsifrovizatsiya v stroitel'stve, kak effektivnyy instrument sovremennogo razvitiya otrasli [Digitalization in construction as an effective tool for the modern development of the industry]. *Ekspert: teoriya i praktika*. 2021. No. 3 (12). Pp. 9-14. (rus)
10. Kievskiy I.L., Zharov Ya.V., Yurgaytis A.Yu. Novelly pervogo ob"edinennogo evraziyskogo kongressa po tekhnologiyam informatsionnogo modelirovaniya [Novels of the First United Eurasian Congress on Information Modeling Technologies]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2022. No. 2. Pp.43-50. (rus)
11. Aleksanin A.V., Zharov Ya.V. Potentsial ispol'zovaniya tsifrovyykh informatsionnykh modeley v ramkakh upravleniya stroitel'stvom [Potential for using digital information models in construction management]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2022. No. 1. Pp. 52-55. (rus)
12. Kryukov K.M., Shapovalov A.V. Ispol'zovanie tekhnologii tsifrovyykh dvoynikov v stroitel'stve [The use of digital twin technology in construction]. *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2022. No. 5. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_31__5_Krukova.pdf_ea8060033c.pdf (rus)
13. Zhang J., Cheng J. C. P., Chen W., Chen K. Digital Twins for Construction Sites: Concepts, LoD Definition, and Applications. *Journal of Management in Engineering*. 2022. Vol. 38. Pp. 1-16.
14. Opoku D. G. J., Perera S., Osei-Kyei R., Rashidi M., Famakinwa T., Bamdad K. Drivers for Digital Twin Adoption in the Construction Industry: A Systematic Literature Review // *Buildings*. 2022. Vol. 22. Pp. 1-19.
15. Aleksanin A.V., Ekimovskaya V.A., Dudareva A.Yu. Povyshenie effektivnosti tekhnologi-cheskikh protsessov i ekspluatatsii predpriyatiy promyshlennoy otrasli za schet vnedreniya tekhnologiy industrii 4.0 [Improving the efficiency of technological processes and the operation of industrial enterprises through the introduction of industry 4.0 technologies]. *Biosfernaya sovместimost': chelovek, region, tekhnologii*. 2022. No. 4 (40). Pp. 81-91. (rus)
16. Elghaish F., Matarneh S.T., Edwards D.J., Rahimian F. P., El-Gohary H., Ejohwomu O. Applications of Industry 4.0 digital technologies towards a construction circular economy: gap analysis and conceptual framework. *Construction Innovation*. 2022. Pp. 1-31.
17. Sacks R., Girolami M., Brilakis I. Building Information Modelling, Artificial Intelligence and Construction Tech. *Developments in the Built Environment*. 2020. Vol. 4. Pp. 1-9.

Информация об авторе:

Александр Вячеславович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, Россия,

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии, организации и управления в строительстве.

E-mail: statpubl@mail.ru

Information about author:

Aleksandr V.

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,

candidate in technical sciences, docent, associate professor of the department of technology, organization and management in construction.

E-mail: statpubl@mail.ru