

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕГРАЦИИ 4D-МОДЕЛИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ И ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

М.А. Меркушкин¹, М.В. Молодцов¹, А.А. Бондарь²✉

¹ Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия

² Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

✉ bondaraa@susu.ru

Аннотация. Интеграция технологий 4D-информационного моделирования объектов капитального строительства с методами дополненной (AR) и виртуальной (VR) реальности открывает новые возможности для повышения эффективности управления строительными проектами. В статье анализируются преимущества применения интегрированных AR/VR и 4D-моделей на всех этапах жизненного цикла – от проектирования до ввода в эксплуатацию. Рассматриваются возможности визуализации для планирования работ, выявления коллизий, мониторинга строительства и координации взаимодействия участников. Обсуждаются практические примеры использования данного подхода ведущими строительными компаниями. Обосновываются перспективы дальнейшего развития интеграции 4D-BIM и AR/VR в качестве направления цифровой трансформации отрасли.

Ключевые слова: 4D-моделирование, дополненная реальность, управление проектами, цифровизация строительства

Для цитирования. Меркушкин М.А., Молодцов М.В., Бондарь А.А. Повышение эффективности управления строительными проектами с помощью интеграции 4D-моделирования и технологий дополненной и виртуальной реальности // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2025. Т. 25, № 1. С. 50–56. DOI: 10.14529/build250106

Original article
DOI: 10.14529/build250106

IMPROVING THE EFFICIENCY OF CONSTRUCTION PROJECT MANAGEMENT THROUGH THE INTEGRATION OF 4D MODELING AND AUGMENTED AND VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES

M.A. Merkushev¹, M.V. Molodtsov¹, A.A. Bondar²✉

¹ St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia

² South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

✉ bondaraa@susu.ru

Abstract. The integration of 4D-information modeling technologies of capital construction objects with augmented (AR) and virtual (VR) reality methods opens up new opportunities for improving the efficiency of construction project management. The article analyzes the advantages of using integrated AR/VR and 4D-models at all stages of the life cycle – from design to commissioning. It considers the possibilities of visualization for work planning, collision detection, construction monitoring and coordination of participants' interaction. It also discusses the practical examples of using this approach by leading construction companies and substantiates the prospects for further development of 4D-BIM and AR/VR integration as a direction of digital transformation of the industry.

Ключевые слова: 4D modeling, augmented reality, project management, digitalization of construction

For citation. Merkushev M.A., Molodtsov M.V., Bondar A.A. Improving the efficiency of construction project management through the integration of 4D modeling and augmented and virtual reality technologies. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2025;25(1):50–56. (in Russ.). DOI: 10.14529/build250106

Современное строительство представляет собой сложную цепочку процессов, вовлекающую множество участников и требующую четкой координации действий на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства. Повышение эффективности управления такими проектами становится одной из ключевых задач отрасли в условиях ограничений по срокам, ресурсам и бюджетам, высоких требований к качеству и неизбежных рисков, связанных с человеческим фактором. Цифровая трансформация строительной отрасли открывает новые возможности за счет внедрения передовых информационных технологий [1–6]. Одним из перспективных направлений выступает интеграция технологий информационного 4D-моделирования с дополненной (AR) и виртуальной (VR) реальностью. Их совместное использование позволяет визуализировать ход строительства, выявлять коллизии и отклонения от планов, осуществлять мониторинг и повышать эффективность коммуникации между участниками проекта.

4D-моделирование в интеграции с AR/VR представляет собой привязку 3D-информационной модели будущего объекта строительства к временной шкале – календарному плану-графику выполнения работ [2, 7]. Оно дает возможность проводить наглядную визуализацию и симуляцию процессов строительства с учетом фактора времени. Это позволяет субъектам строительного процесса прогнозировать сроки завершения отдельных этапов и всего объекта, распределять ресурсы подрядчиков в соответствии с графиком, анализировать логистику поставок материалов и техники [5, 6, 8].

Дополнительное измерение пространственной визуализации проекта в режиме дополненной или виртуальной реальности открывает новые возможности для более эффективного управления и контроля [9, 10]. Технологии AR реализуют совмещение компьютерной визуализации со съемкой реального объекта строительства в режиме реального времени [3, 11]. Это позволяет сопоставлять план в виде 4D-модели с фактическим текущим состоянием стройплощадки, выявляя имеющиеся расхождения и коллизии. Виртуальная реальность же создает полностью виртуальную интерактивную среду, в которой можно с высокой степенью детализации представить будущий облик объекта и процессы его возведения [12, 13]. Применение AR/VR в интеграции с 4D-моделированием предлагает дополнительные перспективы на разных стадиях строительства (рис. 1).

Данная иллюстрация показывает применение интегрированной системы 4D-моделирования с AR/VR на различных этапах строительного проекта – от проектирования до эксплуатации [14, 15].

Использование технологий дополненной и виртуальной реальности вместе с 4D BIM-моделированием значительно расширяет инструментарий управления и контроля на различных этапах жизненного цикла объектов капитального строительства [10, 16, 17]:

1. Проектирование. На данной стадии AR/VR в сочетании с 4D-визуализацией помогают заказчикам, архитекторам, проектировщикам и потенциальным подрядчикам совместно представить будущий облик объекта, рассмотреть варианты планировочных решений, удобство размещения

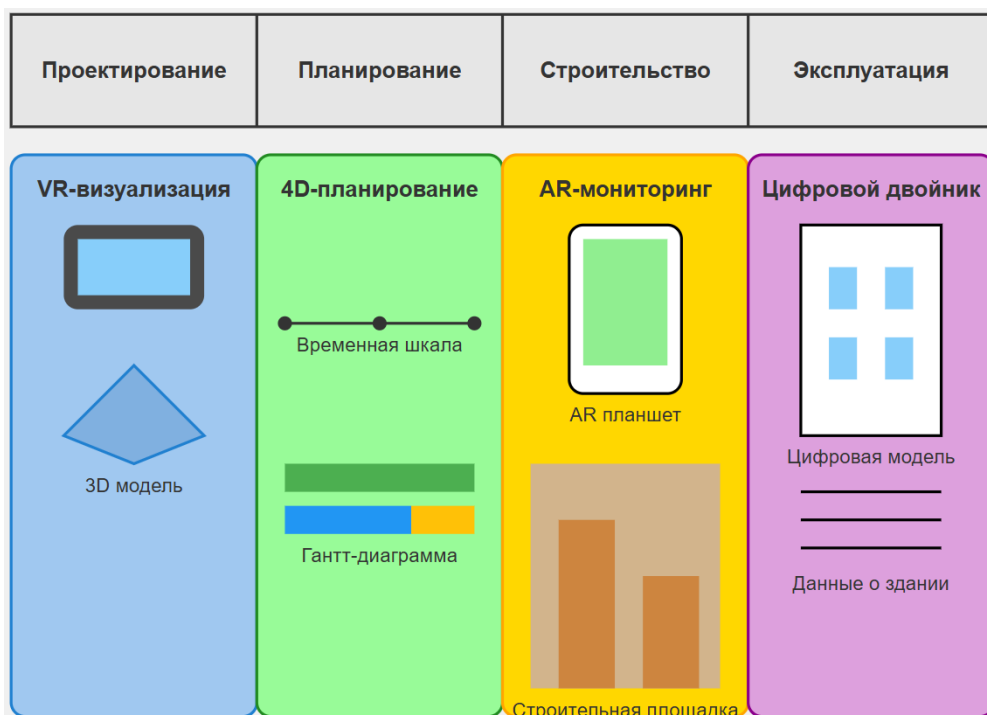


Рис. 1. Схематическое изображение интеграции 4D-моделирования

коммуникаций и внести необходимые изменения еще до начала строительства. Это позволяет существенно снизить количество проектных ошибок и коллизий на последующих этапах [9, 15].

2. Планирование строительства. С помощью интеграции 4D-модели с AR/VR можно наглядно визуализировать пространственно-временные параметры предполагаемой последовательности строительно-монтажных работ, разместить техническое оборудование и временные сооружения. Учет ресурсных и технологических ограничений позволяет сформировать оптимальные календарные графики реализации проекта [7, 13, 14].

3. Мониторинг хода строительства. AR-технологии предоставляют возможность отслеживать соответствие фактического состояния стройплощадки и выполненных работ проектным планам, закрепленным в информационной 4D-модели объекта. Формируемые в режиме реального времени 3D-снимки текущей ситуации на площадке могут автоматически сопоставляться с элементами цифровой модели и графиком производства работ. Это позволяет оперативно определять и фиксировать любые расхождения и просчеты на ранних стадиях и своевременно вносить необходимые коррективы [11, 18].

4. Координация взаимодействия участников строительного проекта. Виртуальная среда 4D BIM в сочетании с AR/VR-технологиями становится платформой для согласования действий между генподрядчиком, субподрядными организациями, поставщиками оборудования и материалов, проектировщиками и авторским надзором на всех стадиях строительства. Визуализация производимых работ в реальном времени позволяет всем заинтересованным сторонам оперативно обмениваться информацией, согласовывать решения [8, 19–22].

Сравнение традиционных методов с 4D-моделированием представлены в таблице.

Передовые строительные компании все активнее внедряют технологии дополненной и вир-

туальной реальности в интеграции с информационным 4D-моделированием.

Mortenson Construction, ставшая пионером в использовании виртуального проектирования в строительстве, разработала первое в своем роде мобильное приложение дополненной реальности (AR), которое помогло жителям Вашингтонского университета «увидеть» будущее здание информатики CSE2 задолго до того, как оно открыло свои двери для студентов [4, 8]. Приложение было разработано собственной командой Mortenson по иммерсивным технологиям в Сиэтле под руководством Марка Кинсмана.

Ведущий мировой строительный подрядчик Skanska использовал очки дополненной реальности Microsoft HoloLens для AR-визуализации интегрированных 4D-моделей непосредственно на своих объектах строительства. Это позволяло специалистам совмещать текущее состояние проекта с его цифровым представлением. Полученная визуальная информация способствовала эффективному мониторингу фактического выполнения работ в сравнении с утвержденным графиком и оперативному реагированию на выявляемые расхождения [5]. Рис. 2 иллюстрирует процесс применения технологии компанией Skanska в 2016 году.

В России пионером внедрения AR/VR в практику стала компания АШАН, применявшая эти технологии при строительстве и дизайне своего гипермаркета. Благодаря их интеграции с информационным моделированием объектов строительства удалось максимально наглядно оценить варианты расположения торгового оборудования.

Таким образом, интеграция 4D-моделирования с технологиями дополненной и виртуальной реальности открывает новые широкие возможности для существенного повышения эффективности управления строительными проектами на всех этапах их жизненного цикла. Компьютерная визуализация строительства в увязке с временным графиком позволяет осуществлять наглядное про-

Сравнительный анализ методов

Аспект	Традиционные методы	4D-моделирование с AR/VR
Визуализация проекта	2D-чертежи и 3D-модели	Интерактивные 4D-модели с возможностью погружения
Планирование	На основе опыта и 2D-графиков	Детальное 4D-планирование с учетом пространственно-временных факторов
Выявление коллизий	Ручной анализ документации	Автоматическое обнаружение коллизий в режиме реального времени
Мониторинг прогресса	Периодические отчеты и инспекции	Непрерывный мониторинг с использованием AR-наложений
Коммуникация между участниками	Встречи, звонки, электронная почта	Виртуальные совещания в общей 4D-среде проекта
Обучение персонала	Теоретические занятия и инструктажи на месте	Интерактивные VR-тренинги с имитацией реальных условий
Презентация проекта заказчиком	Статические визуализации и макеты	Иммерсивные VR-презентации с возможностью взаимодействия



Рис. 2. Применение очков дополненной реальности

гнозирование операций, рациональное распределение ресурсов, а также выявлять и предотвращать возможные коллизии. Это способствует минимизации рисков, сокращению издержек и повышению производительности труда в строительной отрасли.

Заложенные в цифровых AR/VR-моделях инструменты информационного обмена, повышения степени пространственного восприятия и вовлеченности всех участников строительного процесса в единую среду активизируют коммуникационные каналы как внутри проектных групп, так и между различными организациями. Достигается беспрецедентный уровень прозрачности и контроля над выполнением планов, что ведет к росту качества строительства и существенному снижению рисков срывов сроков работ.

В связи с общемировой цифровизацией строительной отрасли внедрение интегрированных AR/VR-решений совместно с 4D-моделированием представляется неотвратимым трендом. Дальнейшее развитие данного направления напрямую связано с совершенствованием самих технологий дополненной и виртуальной реальности, ростом вычислительных мощностей доступного оборудования, расширением возможностей специализиро-

ванного программного обеспечения. Переход на качественно новый уровень управления строительством через объединение преимуществ цифрового моделирования и методов виртуальной визуализации будет способствовать технологическому прогрессу в отрасли и повышению ее конкурентоспособности.

Подводя итог, можно констатировать, что интеграция технологий 4D-информационного моделирования с методами дополненной и виртуальной реальности открывает широкие перспективы для повышения эффективности управления строительными проектами на всех этапах их жизненного цикла. Данный подход позволяет повысить качество проектирования, планирования и контроля производства работ, оптимизировать коммуникацию участников, снизить риски, издержки и непроизводительные потери. По мере дальнейшего развития технического и программного обеспечения AR/VR, роста вычислительных мощностей оборудования применение интегрированных цифровых решений на основе 4D-моделирования и виртуальной визуализации будет только расширяться, способствуя цифровой трансформации и росту конкурентоспособности строительной отрасли.

Список литературы

1. Талапов В.В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК Пресс, 2015. 410 с.
2. Eastman C.M. BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. – John Wiley & Sons, 2011. 640 p.
3. Козлов И.М. Оценка экономической эффективности внедрения информационного моделирования зданий // Архитектура и современные информационные технологии. 2010. № 1 (10). С. 1–6.
4. Mortenson Construction Develops Virtual Reality Application for University of Washington // For Construction Pros: [Электронный ресурс]. 2016. URL: <https://www.mortenson.com/newsroom/mortenson-creates-first-of-its-kind-augmented-reality-app-for-construction-visualization> (дата обращения: 18.09.2024).

5. Грахов В.П., Мохначев С.А., Иштряков А.Х. Развитие систем BIM проектирования как элемент конкурентоспособности // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. С. 580.
6. Вайсман С.М., Байбурин А.Х. Разработка организационно-технологических решений в строительстве с использованием технологий информационного моделирования (ТИМ) // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2016. Т. 16, № 4. С. 21–28. DOI: 10.14529/build160404
7. Киянец А.В. Оптимизация календарных планов по критерию неравномерности трудовых ресурсов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2021. Т. 21, № 3. С. 23–28. DOI: 10.14529/build210303
8. Chitrarekha Kabre. Parvesh Kumar Delay Analysis Methods (DAMs) in Construction Contracts in India // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2019. Т. 19, № 4. С. 52–59. DOI: 10.14529/build190406
9. Тулеубаева А.Н. Применение автоматизированных методов проектирования для принятия оптимальных конструктивных решений // Наука и техника Казахстана. 2018. № 3. С. 89–95.
10. Байбурин Д.А., Байбурин А.Х. Способ управления технической эксплуатацией производственных зданий // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2019. Т. 19, № 2. С. 36–43. DOI: 10.14529/build190206
11. Бобылев А.В. Современное информационно-картографическое обеспечение градостроительной деятельности // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2024. Т. 24, № 2. С. 30–34. DOI: 10.14529/build240204
12. Агапов М.Е., Мусиенко О.А., Ширлина И.И. Компьютерное моделирование в изучении геометро-графических дисциплин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2024. Т. 24, № 1. С. 70–77. DOI: 10.14529/build240109
13. Информационное моделирование на этапе планирования строительства / С.Л. Туманов, Ю.В. Гушина, Н.С. Макрушин [и др.] // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2023. Т. 23, № 3. С. 30–36. DOI: 10.14529/build230304
14. Мухамбетжан З.Е., Мухаметзянов З.Р. Особенности формирования вероятностных моделей организационно-технологической последовательности подготовки строительства промышленного объекта // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2023. Т. 23, № 3. С. 37–46. DOI: 10.14529/build230305
15. Шумилов К.А., Гурьева Ю.А. Моделирование малых архитектурных форм сложной геометрии с использованием визуального (параметрического) программирования // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2023. Т. 23, № 3. С. 70–79. DOI: 10.14529/build230309
16. Исупов Н.С., Карманова М.М., Придвижкин С.В., Фомин Н.И. Возможности управления жизненным циклом объекта строительства с применением ТИМ // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2023. Т. 23, № 1. С. 48–56. DOI: 10.14529/build230106
17. Бурлаченко О.В., Елфимов К.А., Бунин Д.В. Информационное обеспечение управления жизненным циклом строительных объектов в концепции BIM // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2018. Т. 54 (73). С. 217–221.
18. Гусев Е.В., Бородин С.И. Повышение надёжности управленческих решений путём двухэтапного планирования и организации строительного производства // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2023. Т. 23, № 1. С. 57–64. DOI: 10.14529/build230107
19. Вилисова А.Д. Совершенствование управления в системе взаимодействия участников инвестиционно-строительных проектов на базе облачных технологий // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2022. Т. 22, № 4. С. 46–56. DOI: 10.14529/build220405
20. Анисимова Н.В. Обзор основных плагинов средового моделирования и оптимизации геометрии в Dynamo и Grasshopper // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 15–17 мая 2019 года. СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. С. 228–233. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.042
21. Ведерникова А.А., Шишмарев Р.А. Автоматизация инженерных расчетов в программе Autodesk Revit // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы III Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 15–17 апреля 2020 года. СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. С. 197–204. DOI: 10.23968/BIMAC.2020.025
22. Исупов Н.С., Карманова М.М. Рекомендации для корректного построения физической модели здания с последующим экспортом аналитической модели в расчетный комплекс // Технологии информационного моделирования зданий и территорий. Экосистемы ТИМ/BIM: материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Екатеринбург, 1–3 ноября 2021 года. Екатеринбург: Уральский университет, 2022. С. 11–18.

References

1. Talapov V.V. *BIM: sut' i osobennosti vnedreniya informatsionnogo modelirovaniya zdaniy* [BIM Technology: The Essence and Features of Implementing Building Information Modeling]. Moscow, DMK Press, 2015. 410 p. (in Russ.)
2. Eastman C.M. *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons, 2011. 640 p.
3. Kozlov I.M. [Evaluation of the economic efficiency of implementing building information modeling]. *Arkhitektura i sovremennye informatsionnye tekhnologii* [Architecture and Modern Information Technologies], 2010, no. 1(10), pp. 1–6. (In Russ.)
4. Mortenson Construction Develops Virtual Reality Application for University of Washington // For Construction Pros: [Electronic resource]. 2016. Available at: <https://www.mortenson.com/newsroom/mortenson-creates-first-of-its-kind-augmented-reality-app-for-construction-visualization> (accessed 18 September 2024).
5. Grakhov V.P., Mokhnachev S.A., Ishtyakov A.Kh. [Development of BIM design systems as an element of competitiveness]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2015, no. 1–1, p. 580. (In Russ.)
6. Vaisman S.M., Baiburin A.Kh. [Development of the construction management solutions using building information modeling (BIM)]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2016, vol. 16, no. 4, pp. 21–28. (in Russ.) DOI: 10.14529/build160404
7. Kiyanets A.V. Optimization of construction schedule on the criterion of inequality in the distribution of labor forces. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2021, vol. 21, no. 3, pp. 23–28. (in Russ.) DOI: 10.14529/build210303
8. Chitrarekha Kabre, Parvesh Kumar. Delay analysis methods (DAMs) in construction contracts in India. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2019, vol. 19, no. 4, pp. 52–59. DOI: 10.14529/build190406
9. Tuleubaeva A.N. [Application of automated design methods for making optimal design decisions]. *Nauka i tekhnika Kazakhstana* [Science and Technology of Kazakhstan], 2018, no. 3, pp. 89–95. (in Russ.)
10. Baiburin D.A., Baiburin A.Kh. [Method of controlling the technical operation of industrial buildings]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2019, vol. 19, no. 2, pp. 36–43. (in Russ.) DOI: 10.14529/build190206
11. Bobylev A.V. [Modern geospatial dataset for town-planning activities]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2024, vol. 24, no. 2, pp. 30–34. (in Russ.) DOI: 10.14529/build240204
12. Agapov M.E., Musienko O.A., Shirlina I.I. [Computer modeling in studying geometric and graphic disciplines]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2024, vol. 24, no. 1, pp. 70–77. (in Russ.) DOI: 10.14529/build240109
13. Tumanov S.L., Gushchina Y.V., Makrushin N.S., Risunov A.R., Kalinovskiy S.A. Information modeling at the stage of construction planning. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2023, vol. 23, no. 3, pp. 30–36. (in Russ.) DOI: 10.14529/build230304
14. Mukhambetzhana Z.Y., Mukhametzhanov Z.R. Forming probabilistic models of the organizational and technological sequence of preparing for the construction of industrial facilities. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2023, vol. 23, no. 3, pp. 37–46. (in Russ.) DOI: 10.14529/build230305
15. Shumilov K.A., Guryeva Yu.A. Modeling of complex geometry small architectural forms using visual (parametric) programming. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2023, vol. 23, no. 3, pp. 70–79. (in Russ.) DOI: 10.14529/build230309
16. Isupov N.S., Karmanova M.M., Pridvishkin S.V., Fomin N.I. The possibilities of managing the life cycle of a construction object using TIM. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2023, vol. 23, no. 1, pp. 48–56. (in Russ.) DOI: 10.14529/build230106
17. Burlachenko O.V., Elfimov K.A., Bunin D.V. [Information support for managing the life cycle of construction objects in the BIM concept]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Ser. Construction Engineering and Architecture], 2018, vol. 54 (73), pp. 217–221. (in Russ.)
18. Gusev E.V., Borodin S.I. Increasing the reliability of decisions by the two-stage planning and organization of construction management. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2023, vol. 23, no. 1, pp. 57–64. (in Russ.) DOI: 10.14529/build230107
19. Vilisova A.D. Improved management in interaction of participants in investment and construction projects based on cloud technologies. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2022, vol. 22, no. 4, pp. 46–56. (in Russ.) DOI: 10.14529/build220405

20. Anisimova N.V. [Review of environmental modeling and geometry optimization plugins in Dynamo and Grasshopper]. In: BIM-modelirovanie v zadachakh stroitel'stva i arkhitektury: Materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Sankt-Peterburg, 15–17 maya 2019 goda [BIM-modeling in the tasks of construction and architecture: materials of the II International Scientific and Practical Conference, May 15–17, 2019]. Saint Petersburg, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 2019, pp. 228–233. (in Russ.) DOI: 10.23968/BIMAC.2019.042

21. Vedernikova A.A., Shishmarev R.A. [Automation of engineering analysis in Autodesk Revit]. In: BIMmodelirovanie v zadachakh stroitel'stva i arkhitektury: materialy III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Sankt-Peterburg, 15–17 aprelya 2020 goda [BIM modeling in construction and architecture tasks: materials of the III International Scientific and Practical Conference, Saint Petersburg, April 15–17, 2020]. Saint Petersburg, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 2020, pp. 197–204. (in Russ.) DOI: 10.23968/BIMAC.2020.025

22. Isupov N.S., Karmanova M.M. [Recommendations for the correct construction of the physical model of the building for the following export of the analytical model into the design complex]. In: *Tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya zdaniy i territoriy. Ekosistemy TIM/BIM: materialy II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Ekaterinburg, 1–3 noyabrya 2021 goda* [Technologies of information modeling of buildings and territories. TIM/BIM Ecosystems: Proceedings of the II All-Russian Scientific and Practical Conference, Yekaterinburg, November 1–3, 2021]. Yekaterinburg, Ural Federal University, 2022, pp. 11–18. (in Russ.)

Информация об авторах:

Меркушкин Максим Александрович, студент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия; merkushkimaxim@mail.ru

Молодцов Максим Вилленинович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры организации строительства, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия; molodcovmv@mail.ru

Бондарь Анастасия Алексеевна, старший преподаватель кафедры строительного производства и теории сооружений, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; bondaraa@susu.ru

Information about the authors:

Maksim A. Merkushkin, graduate student, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia; merkushkimaxim@mail.ru

Maksim V. Molodtsov, Cand. Sci. in Eng., Associate Professor of Construction Management Department, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia; molodcovmv@mail.ru

Anastasiia A. Bondar, Senior Lecturer of Construction Production and Theory of Structures Department, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; bondaraa@susu.ru

Статья поступила в редакцию 19.11.2024, принята к публикации 26.11.2024.

The article was submitted 19.11.2024, approved after reviewing 26.11.2024.