

УДК 721.021

© Н. В. Горовой, ассистент  
© М. К. Хмельницкая, студентка  
© К. Г. Плетнева, студентка  
© А. В. Волков, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет,  
Санкт-Петербург, Россия)  
E-mail: themrnikitocc@gmail.com, hmulik@list.ru,  
ksubarsu@yandex.ru, ahtelin@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2022-19-6-65-74

© N. V. Gorovoi, assistant lecturer  
© M. K. Khmel'nitskaya, student  
© K. G. Pletnyova, student  
© A. V. Volkov, Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering,  
St. Petersburg, Russia)  
E-mail: themrnikitocc@gmail.com, hmulik@list.ru,  
ksubarsu@yandex.ru, ahtelin@mail.ru

## ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ СПЕЦИАЛИСТОВ ПРИ СОЗДАНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ

### ORGANIZATION OF SPECIALISTS' WORK AT DEVELOPING INFORMATION MODELS OF HISTORICAL BUILDINGS

Сохранение исторического облика Санкт-Петербурга является одним из актуальных вопросов в области архитектуры и градостроительства нашей страны. Несмотря на публикации по этой проблематике, организации, выполняющие эксплуатацию объектов культурного наследия, сталкиваются с плохим качеством или отсутствием проектной документации, вследствие чего затрудняется процесс реконструкции. В статье предлагается решение данных проблем: разработка и постоянная актуализация эксплуатационных информационных моделей зданий или цифровых двойников. Цель данного исследования — выявить особенности взаимодействия специалистов различных разделов проектной документации при создании цифровых двойников исторических зданий и сооружений. В результате исследования предлагается методика взаимодействия специалистов, выполняющих возведение эксплуатационной модели, в среде информационного моделирования. В качестве результата приведена пошаговая методика взаимодействия специалистов.

*Ключевые слова:* ТИМ, BIM, координация, объемно-планировочные решения, цифровые двойники.

The preservation of the historical appearance of St. Petersburg is one of the urgent issues in the field of architecture and urban planning of Russia. Despite of numerous publications on this issue, organizations operating cultural heritage sites face poor quality or lack of project documentation, which hinders the reconstruction process. The article proposes a solution to these problems, namely, the development and continuous updating of operational information models of buildings, or digital twins. The purpose of this study is to identify the features of interaction between specialists from various sections of project documentation when creating digital twins of historical buildings and structures. As a result of the study, the authors propose a methodology for interaction of specialists performing the construction of operation model in the information modeling environment. A step-by-step method of interaction of specialists is offered.

*Keywords:* information modeling technologies, BIM, coordination, space-planning solutions, digital twins.

#### Введение

В связи с внедрением технологий информационного моделирования [1, 2] на всех этапах жизненного цикла здания создание эксплуатационных моделей является приоритетным направлением в строительстве [3]. На сегодняшний день в России нет примеров выполненных эксплуатационных моделей здания. Данное исследование направлено на выработку универсального подхода к созданию цифровых двойников.

Эксплуатационная модель здания или цифровой двойник — это точная цифровая копия существующего объекта, которая содержит наиболее актуальную информацию о его геометрии и моделирует происходящие в нем процессы [4–6].

При создании эксплуатационных моделей требуется соблюдать ряд нормативных документов, предназначенных для возведения информационных моделей зданий и сооружений. Основным документом для возведения эксплуа-

тационных моделей является ГОСТ Р 57311–2016 «Требования к эксплуатационной документации объектов завершеного строительства», в пункте 4 которого прописан конкретный состав информации и документов, необходимых для возведения информационной модели. Также нормативными документами, действие которых необходимо учесть, являются:

- СП 333.1325800.2020 «Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» — в данном своде правил описаны все требования к цифровым информационным моделям (ЦИМ);

- Федеральный закон от 25.06.2002 № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации»;

- ГОСТ Р 55528-2013 «Состав и содержание научно-проектной документации по сохранению объектов культурного наследия. Памятники истории и культуры»;

- ГОСТ Р 55567-2013 «Порядок организации и ведения инженерно-технических исследований на объектах культурного наследия. Памятники истории и культуры»;

- ГОСТ Р 10.0.02-2019 «Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Отраслевые базовые классы (IFC) для обмена и управления данными об объектах капитального строительства».

Помимо отечественной нормативной документации также следует рассмотреть аналогичные нормативы международных организаций по стандартизации. Одним из таких источников является ISO 12911:2012\* «Framework for building information modeling (BIM) guidance». Данный стандарт служит ориентиром для отечественных нормативных актов, отвечающих за моделирование любых видов зданий и сооружений. Еще одним из нормативов является ISO 15686 «Buildings and constructed assets — Service life planning», который регламентирует планирование эксплуатационного срока службы, а также британский стандарт BS 1192 «Collaborative production of architectural, engineering and construction information — Code of practice», отвечающий за совместное производство архитектурной, инженерной и строительной информации.

Так как государственная экспертиза с 01.06.2021 начинает осуществлять прием 3d-моделей для проверки, в указанных условиях было принято решение в рамках пилотного проекта разработать методику создания эксплуатационных информационных моделей исторических зданий, соответствующих требованиям к цифровым информационным моделям капитального строительства и недвижимости, предоставляемых в Санкт-Петербургский центр государственной экспертизы (СПб ГАУ «ЦГЭ»).

#### **Технологический цикл**

Создание эксплуатационных моделей включает в себя несколько разделов: архитектурные решения (АР), конструктивные решения (КР), инженерно-техническое оснащение объектов и другие. Работа содержит девять последовательных этапов, описывающих организацию работы специалистов при создании эксплуатационных моделей исторических зданий.

Одним из важных факторов при работе с информационными моделями и первым этапом является создание среды общих данных (СОД) для совместного использования информации всеми участниками процесса [7]. Данная среда позволит обеспечить эффективное управление процессами разработки, а также использование, сбор, выпуск и распространение документации. Структура общих данных может быть разнообразной, в зависимости от задач проекта или его характеристик. В основном используются два принципа организации структуры проекта. Первый включает в себя распределение проекта на разделы с последующим разделением на области, а второй подразумевает сначала разделение на области, а уже затем деление на разделы.

В структуре среды общих данных выделяют четыре основных кластера информации, которые представлены в виде папки или набора папок:

- включающих в себя семейства и проекты, находящиеся на стадии разработки.
- с файлами, выложенными в общий доступ для взаимодействия на этапах работы.
- для публикации документов;
- с архивной документацией, ведущейся на протяжении всего этапа разработки проекта.

Вторым этапом является анализ отечественной и зарубежной нормативной документации,

а также составление структуры среды общих данных. Необходимо создать план реализации проекта, который будет представлять собой последовательный и согласованный документ, включающий в себя все этапы и результат всех функций проекта. Данный документ будет являться основой для выполнения и контроля проекта.

Третьим этапом является план реализации модели, который обновляется в рабочем порядке. Этот документ должен разрабатываться с привлечением всех участников процесса информационного моделирования. Между участниками команды должен быть достигнут консенсус о том, как будет создаваться, организовываться и контролироваться информационная модель.

План реализации модели включает:

- 1) цели и задачи использования технологии информационного моделирования в соответствии с информационными требованиями;
- 2) определение ролей и задач участников реализации информационного проекта;
- 3) инфраструктуру, необходимую для успешной реализации проекта, включая средства коммуникации между участниками команды;
- 4) процесс выполнения проекта информационного моделирования;
- 5) конечные результаты проекта информационного моделирования.

Также в план следует включить:

- графики обмена информацией;
- данные о проекте, необходимые для заполнения штампа;
- данные об инструменте постановки задач между участниками;
- предоставление необходимого программного обеспечения всех членов команды.

Четвертый этап методики разработки информационных эксплуатационных моделей исторических зданий включает в себя подготовку следующих процессов:

- наземное лазерное сканирование и сканирование методом цифровой фотограмметрии всех фасадов здания (рис. 1);
- наземное лазерное сканирование и сканирование методом цифровой фотограмметрии всех поверхностей крыши;
- наземное лазерное сканирование и сканирование методом цифровой фотограмметрии всех участков здания, имеющих неровные по-

верхности полов и потолков для точного воссоздания в цифровом двойнике здания (рис. 2, 3);

- наземное лазерное сканирование и сканирование методом цифровой фотограмметрии всех элементов декоративных частей фасадов здания, с которыми могут возникнуть проблемы при создании в программном комплексе (рис. 4);
- наземное лазерное сканирование и сканирование методом цифровой фотограмметрии элементов декоративных интерьерных частей здания.

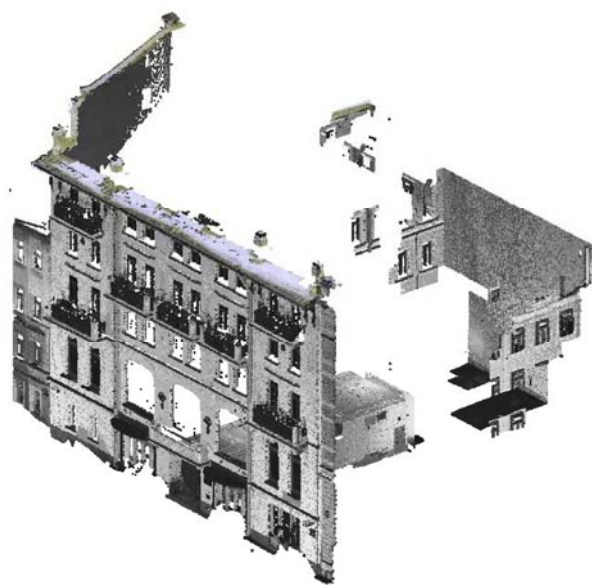


Рис. 1. Результаты лазерного сканирования фасадов здания

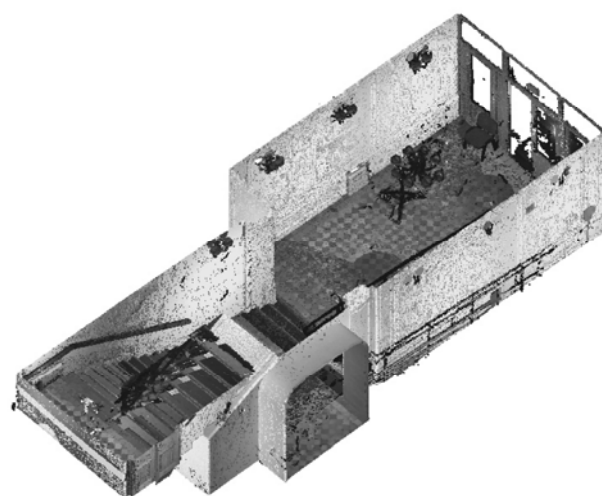


Рис. 2. Результаты лазерного сканирования интерьеров здания: входная группа

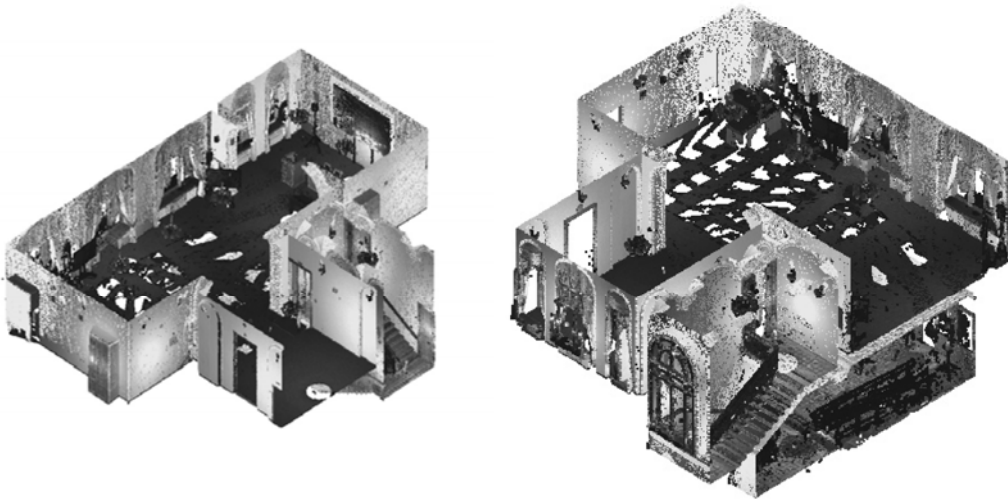


Рис. 3. Результаты лазерного сканирования интерьеров здания. 2-й этаж



Рис. 4. Результаты лазерного сканирования декоративных частей фасадов здания

Результатом подготовительного процесса является получение ортофотопланов здания и 3d-поверхностей здания и его отдельных элементов.

Пятым этапом методики является обследование здания или сооружения (рис. 5). Данное

обследование будет комплексной работой по сбору, обработке и систематизации данных, которые дадут полную информацию о техническом состоянии здания, его отдельных элементов и техническом состоянии и степени износа исторического здания или сооружения [8–12].



Рис. 5. Фотофиксация фасадов

Обследование здания позволит определить и систематизировать следующие аспекты:

- пригодность здания к дальнейшей эксплуатации;
- степень износа здания или сооружения;
- утилизацию или снос непригодных для эксплуатации конструкций;
- прочность несущей способности конструкции для восприятия новых или уже существующих нагрузок, а также элементов конструкций, которые возможно потребуют усиления в дальнейшем;
- составление обмерных чертежей (рис. 6) на основе планов ПИБ; если таковые отсутствуют, то потребуются составление обмерной рабочей документации [13].

Шестым этапом методики является моделирование цифрового двойника здания. В рамках данного этапа предполагается междисциплинарное взаимодействие специалистов во время совместной работы над информационной моделью [14].

Одним из пунктов шестого этапа является проектирование раздела архитектурных решений, который включает в себя объемно-планировочные решения здания или сооружения, его внешний вид и технико-экономические показатели (рис. 7).

После завершения работы по АР доступ к проекту предоставляется специалистам в области КР для воссоздания объемно-планировочных решений, включающих в себя несущие конструкции данного объекта [15, 16].

Далее в работу вступают специалисты инженерно-технического оснащения объекта [17]. В данный раздел входят все сведения об инженерных коммуникациях и технологических процессах [18].

Все виды работ специалистов смежных разделов требуют координации [19] участников рабочей группы для обеспечения качества продукции путем правильного использования программного продукта.

Впоследствии могут разрабатываться и иные виды документации, которые также предусматриваются нормативными требованиями. Данные виды документов разрабатываются в индивидуальном порядке для каждого объекта, сюда могут входить следующие разделы:

- планы организации работ по демонтажу или монтажу отдельных элементов или объектов на участке проектирования;
- решения по защите окружающей среды;
- мероприятия по обеспечению пожарной безопасности;



Матрица коллизий	АР									КР						ОВ	ВК	ПТ	ЭС	СС	ТХ								
	Стены	Перегородки, витражи	Полы	Потолки	Внутренняя отделка стен	Двери	Окна	Лестницы	Кровли	Перекрытия	Фасадные системы	Стены	Перекрытия	Несущие колонны	Балки	Лестницы	Фундаменты	Проемы	Воздуховоды	Оборудование	Трубы, фитинги, коллекторы	Трубы, фитинги, сантехника	Трубы, фитинги	Лотки, соединительные детали	Лотки	Оборудование	Оборудование, трубы		
Стены																													
Перегородки, витражи																													
Полы																													
Потолки																													
Внутренняя отделка стен																													
Двери																													
Окна																													
Лестницы																													
Кровли																													
Перекрытия																													
Фасадные системы																													
Стены																													
Перекрытия																													
Несущие колонны																													
Балки																													
Лестницы																													
Фундаменты																													
Проемы																													
Воздуховоды																													
Оборудование																													
Трубы, фитинги, коллекторы																													
Трубы, фитинги, сантехника																													
Трубы, фитинги																													
Лотки, соединительные детали																													
Лотки																													
Оборудование																													
Оборудование, трубы																													

	Пересечения 1 приоритета (критические)
	Пересечения 2 приоритета
	Пересечения с учетом зон открывания
	Пересечения с учетом эксплуатационных зон обслуживания
	Самопересечения, дублирование
	Не проверяются

Рис. 8. Матрица геометрических коллизий

### Результаты

Результатом работы специалистов может быть методика, которая будет состоять из следующих шагов:

1. Анализ состояния документации по объекту.
2. Создание среды общих данных.
3. Разработка плана реализации модели.
4. Получение ортофотопланов и 3d-поверхностей здания путем наземного лазерного сканирования и фотограмметрии.
5. Обследование здания и актуализация/разработка обмерных чертежей.

6. Моделирование цифрового двойника здания:

- воссоздание объемно-планировочных решений раздела АР;
- воссоздание объемно-планировочных решений раздела КР;
- передача модели специалистам инженерно-технического оснащения объекта.

7. Проверка результатов построения цифрового двойника и устранение коллизий между разделами.

8. Разработка и добавление в ЦИМ классификаторов строительной информации.

9. Добавление пользовательских наборов свойств.

Данная методика также предоставлена в виде блок-схемы (рис. 9).

**Вывод**

Апробация данного взаимодействия специалистов смежных разделов осуществляется на историческом объекте по адресу: г. Санкт-Петербург, ул. Серпуховская, д. 10. Программным продуктом, выбранным для апробации, является Autodesk Revit, а также облака точек, полученные из программы Autodesk ReCap. Также не исключается использование программных аналогов [21] на примере Renga или Archicad. При использовании других программных продуктов для передачи данных между разделами возможно использование открытого формата данных — Industry Foundation Classes (IFC) [22].

Представленная статья является вводной в данную тематику и открыта для обсуждения всех аспектов, описанных в статье. Авторы надеются, что конструктивная критика по содержанию статьи окажется полезной для понимания

и использования технологий цифровых двойников исторических зданий и сооружений, а также для разработки универсальной методики для создания их эксплуатационных информационных моделей.

*Исследование проведено в рамках темы научно-исследовательской работы при финансовой поддержке гранта СПбГАСУ.*

**Библиографический список**

1. Манин П. Цифровой двойник объекта для стадии эксплуатации // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. 2022. № 1. С. 16–17.
2. Иванов И. А., Макарян Р. А. Технология информационного моделирования: терминология, коллизии, процесс внедрения в России // Дневник Науки. 2018. № 6 (18). С. 9.
3. Николаева А. И. BIM-технологии как элемент современного строительства // Евразийский союз ученых. Серия: Технические и физико-математические науки. 2021. № 11 (92). С. 27–31.
4. Козлов П. О., Рогачев Е. С., Шипелев И. Л. Цифровые двойники в строительстве на фоне развития технологий BIM // материалы 61-й студенческой научно-техн. конф. Инженерно-строительного института ТОГУ. 2021. С. 275–279.
5. Grieves M. Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication // Florida Institute of Technology. 2016.
6. Пустогавр А. П., Жунжун Ч., Вэньсэн Ю., Адамцевич А. О. Применение BIM-технологий при реставрации зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 6. С. 42–48.
7. Савенко А. И., Черненко П. В. Среда общих данных при реализации строительных объектов с применением BIM // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2019. № 2(13). С. 4–11.
8. Храмлиук А. К., Романова Т. А., Акоюн Г. Т. Возможности, преимущества и недостатки наземного лазерного сканирования // Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник). 2019. № 2. С. 327–330.
9. Тюрин С. В., Тихонов С. Г. Сочетание методов трехмерного лазерного сканирования и цифровой фотограмметрической съемки для фиксации и обмера памятников архитектуры // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 7 (17). С. 25–30.
10. Корчуков А. С., Леонов А. В. Использование технологии лазерного сканирования при создании 3D моделей и мониторинге памятников архитектуры // Технология и организация строительного производства. 2013. № 1. С. 49–51.

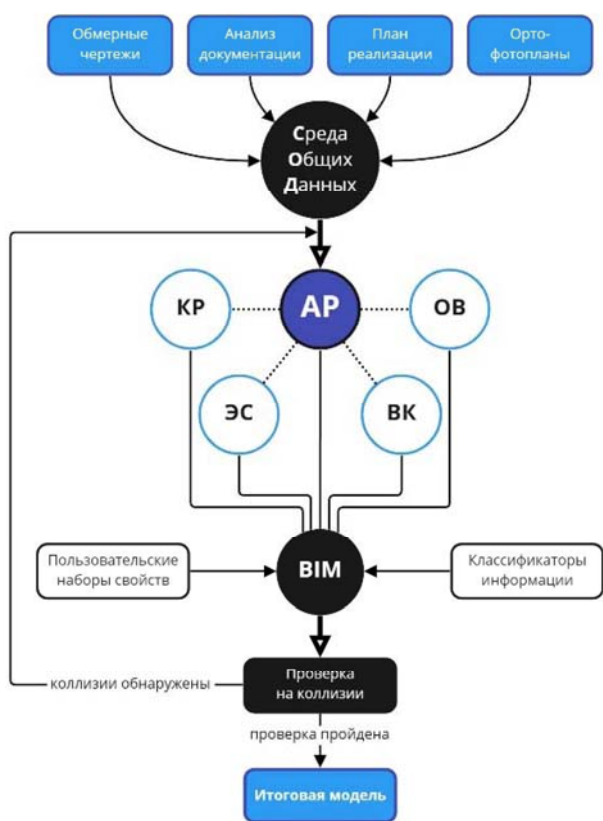


Рис. 9. Блок-схема методики взаимодействия



11. *Переёлкин К. А.* BIM и 3D-сканирование в реставрационно-проектной деятельности // Традиции, современные проблемы и перспективы развития строительства: сб. науч. ст. Гродно, 2021. С. 265–268.

12. *Баденко В. Л., Самсонова В. М., Волгин Д. Ю., Липатова А. А., Лыткин С. А.* Scan-to-BIM метод для мониторинга объектов культурного наследия // Неделя Науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Инженерно-строительный институт. 2019. С. 267–270.

13. *Петракова Л. Д.* Обмеры памятников архитектуры как важнейший этап исследования объекта // Культурное наследие Сибири. 2010. № 11. С. 86–90.

14. *Немерицкая Е. А.* Коллективная работа в BIM-технологиях. Основы совместной работы в Revit // Традиции, современные проблемы и перспективы развития строительства: сб. науч. ст. Гродно: Гродненский гос. ун-т им. Янки Купалы, 2019. С. 230–233.

15. *Горовой Н. В., Рудный И. А., Марданов И. А.* Методика междисциплинарного взаимодействия специалистов при разработке информационных моделей здания // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. СПб.: СПбГАСУ, 2022. С. 58–63.

16. *Черных А. Г., Нижегородцев Д. В., Кубасевич А. Е., Цыгановкин В. В.* Проектирование и расчет строительных конструкций с применением технологий информационного моделирования // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 3. С. 72–78.

17. *Латыгин А.* Особенности проектирования инженерных сетей в BIM для реконструируемых объектов // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. 2021. № 2 (230). С. 24–27.

18. *Горовой Н. В., Сайфуллина Е. А.* Алгоритм взаимодействия специалистов смежных специальностей в процессе обучения студентов высших образовательных учреждений // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: материалы IV междунар. научно-практ. конф. Екатеринбург, 2021. С. 56.

19. *Плотников А. Г., Казибева Б. А., Соломатин А. А.* BIM-технологии в строительстве: международный опыт и проблемы внедрения в России // Экономика сегодня: современное состояние и перспективы развития (Вектор-2021). М.: РГУ, 2021. С. 201–206.

20. *Червова Н. А., Лепешкина Д. О.* Коллизии инженерных систем при проектировании в BIM платформе // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2018. № 3 (66). С. 19–29.

21. *Чичиков Д. И., Гура Д. А., Дражецкий Д. А., Панченко Е. А.* Программное обеспечение для моделирования объектов недвижимости на основе данных трехмерного лазерного сканирования // Наука. Тех-

ника. Технологии (Политехнический вестник). 2021. № 4. С. 205–209.

22. *Блохина Н. С., Малыгин К. М.* Создание информационной модели и расчет этажа административного здания // Инновации и инвестиции. 2019. № 5. С. 165–168.

## References

1. Manin P. *Tsifrovoy dvoynik ob'ekta dlya stadii ekspluatatsii* [The digital twin of an object for the operational stage]. *Santekhnika. Otoplenie Konditsionirovanie – Plumbing. Heating. Air Conditioning*, 2022, no. 1, pp. 16–17.

2. Ivanov I. A., Makaryan R. A. *Tekhnologiya informatsionnogo modelirovaniya: terminologiya, kollizii, protsess vnedreniya v Rossii* [Information modeling technology: terminology, collisions, implementation process in Russia]. *Dnevnik Nauki – Diary of Science*, 2018, no. 6 (18), p. 9.

3. Nikolaeva A. I. *Bim-tekhnologii kak element sovremennogo stroitel'stva* [Bim-technology as an element of modern construction]. *Evrasiyskiy soyuz uchenykh. Seriya: tekhnicheskie i fiziko-matematicheskie nauki – Eurasian Union of Scientists. Series: Technical and Physical and Mathematical Sciences*, 2021, no. 11 (92), pp. 27–31.

4. Kozlov P. O., Rogachev E. S., Shipelov I. L. *Tsifrovye dvoyniki v stroitel'stve na fone razvitiya tekhnologiy BIM* [Digital twins in construction in the context of BIM technology development]. *Materialy 61-y studencheskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii Inzhenerno-stroitel'nogo Instituta TOGU* [Proceedings of the 61-st Student scientific and technical conference of the Engineering and Construction Institute of the TOGU]. 2021, pp. 275–279.

5. Grieves M. *Digital Twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication*. Florida Institute of Technology Publ., 2016.

6. Pustogavr A. P., Zhunzhun Ch., Ven'sen Yu., Adamtsevich A. O. *Primenenie BIM-tekhnologiy pri restavratsii zdaniy* [Application of BIM-technologies in restoration of buildings]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo – Industrial and Civil Engineering*, 2020, no. 6, pp. 42–48.

7. Savenko A. I., Chernenkov P. V. *Sreda obshchikh dannykh pri realizatsii stroitel'nykh ob'ektov s primeneniem BIM* [Common data environment in the implementation of construction projects using BIM]. *SAPR i GIS Avtomobil'nykh dorog – CAD and GIS of Highways*, 2019, no. 2 (13), pp. 4–11.

8. Khramlyuk A. K., Romanova T. A., Akopyan G. T. *Vozmozhnosti, preimushchestva i nedostatki nazemnogo lazernogo skanirovaniya* [Opportunities, advantages and disadvantages of ground laser scanning]. *Nauka. Tekhnika. Tekhnologii (Politekhnichestkiy vestnik) – Science.*

*Engineering. Technologies (Polytechnic Bulletin)*, 2019, no. 2, pp. 327–330.

9. Tyurin S. V., Tikhonov S. G. *Sochetanie metodov trekhmernogo lazernogo skanirovaniya i tsifrovoy fotogrammetricheskoy s'emki dlya fiksatsii i obmera pamyatnikov arkhitektury* [Combination of methods of three-dimensional laser scanning and digital photogrammetric survey for fixation and measurement of architectural monuments]. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal – Engineering and Construction Journal*, 2010, no. 7 (17), pp. 25–30.

10. Korchukov A. S., Leonov A. V. *Ispol'zovanie tekhnologii lazernogo skanirovaniya pri sozdanii 3D modeley i monitoringe pamyatnikov arkhitektury* [The use of laser scanning technology in creating 3D models and monitoring of architectural monuments]. *Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva – Technology and organization of building production*, 2013, no. 1, pp. 49–51.

11. Perepyolkin K. A. *BIM i 3D-skanirovanie v restavratsionno-proektnoy deyatel'nosti* [BIM and 3D-scanning in restoration and design activity]. *Sbornik nauchnykh statey «Traditsii, sovremennyye problemy i perspektivy razvitiya stroitel'stva»* [In: Collection of scientific articles “Traditions, modern problems and prospects of development of construction”]. Grodno, 2021, pp. 265–268.

12. Badenko V. L., Samsonova V. M., Volgin D. Yu., Lipatova A. A., Lytkin S. A. *Scan-to-BIM metod dlya monitoringa ob'ektov kul'turnogo naslediya* [Scan-to-BIM method for monitoring the objects of cultural heritage]. *Trudy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. «Nedelya Nauki SPBPU»* [Proceedings of the scientific conference with international participation. “SPBPU Science Week”]. Inzhenerno-stroitel'nyy institut Publ., 2019, pp. 267–270.

13. Petrakova L. D. *Obmery pamyatnikov arkhitektury kak vazhneyshiy etap issledovaniya ob'ekta* [Measuring of architectural monuments as the most important stage of object research]. *Kul'turnoe nasledie Sibiri – Cultural Heritage of Siberia*, 2010, no. 11, pp. 86–90.

14. Nemeritskaya E. A. *Kollektivnaya rabota v BIM-tekhnologiyakh. Osnovy sovmestnoy raboty v Revit* [Teamwork in BIM-technologies. Fundamentals of teamwork in Revit]. *Sbornik nauchnykh statey «Traditsii, sovremennyye problemy i perspektivy razvitiya stroitel'stva»* [In: Coll. of sci. articles “Traditions, modern problems and prospects for the development of construction”]. Grodnenskiy gosudarstvenniy universitet imeni Yanki Kupaly Publ., 2019, pp. 230–233.

15. Gorovoy N. V., Rudniy I. A., Mardanov I. A. *Metodika mezhdistsiplinarnogo vzaimodeystviya spetsialistov pri razrabotke informatsionnykh modeley zdaniya* [Methodology of interdisciplinary interaction of specialists when developing information models of the building]. *Bim-modelirovanie v zadachakh stroitel'stva i arkhitektury* [In: Bim-modeling in

the tasks of construction and architecture]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2022, pp. 58–63.

16. Chernykh A. G., Nizhegorodtsev D. V., Kubasevich A. E., Tsyganovkin V.V. *Proektirovanie i raschet stroitel'nykh konstruksiy s primeneniem tekhnologiy informatsionnogo modelirovaniya* [Design and calculation of building structures using information modeling technologies]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2020, no. 3, pp. 72–78.

17. Lapygin A. *Osobennosti proektirovaniya inzhenernykh setey v BIM dlya rekonstruirovemykh ob'ektov* [Features of engineering networks design in BIM for reconstructed facilities]. *Santekhnika. Otoplenie. Konditsionirovanie – Plumbing. Heating. Air Conditioning*, 2021, no. 2(230), pp. 24–27.

18. Gorovoy N. V., Sayfullina E. A. *Algoritm vzaimodeystviya spetsialistov smezhnykh spetsial'nostey v protsesse obucheniya studentov vysshih obrazovatel'nykh uchrezhdeniy* [Economy Today: Current State and Prospects of Development (Vector-2021)]. *Trudy IV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Novye informatsionnye tekhnologii v arkhitekture i stroitel'stve»* [Proceedings of the IV international scientific-practical conference “New information technologies in architecture and construction”]. Ekaterinburg, 2021, p. 56.

19. Plotnikov A. G., Kazibeva B. A., Solomatin A. A. *BIM-tekhnologii v stroitel'stve: mezhdunarodniy opyt i problemy vnedreniya v Rossii* [BIM-technologies in construction: international experience and problems of implementation in Russia.]. *Ekonomika segodnya: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya (Vektor-2021)* [In: Economy Today: Current State and Prospects of Development (Vector-2021)]. Moscow, RGU Publ., 2021, pp. 201–206.

20. Chervova N. A., Lepeshkina D. O. *Kollizii inzhenernykh sistem pri proektirovanii v BIM platforme* [Collisions of engineering systems in the design in BIM platform]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy – Construction of Unique Buildings and Structures*, 2018, no. 3 (66), pp. 19–29.

21. Chichikov D. I., Gura D. A., Drazhetskii D. A., Panchenko E. A. *Programmnoe obespechenie dlya modelirovaniya ob'ektov nedvizhimosti na osnove dannykh trekhmernogo lazernogo skanirovaniya* [Software for modeling real estate objects based on three-dimensional laser scanning data]. *Nauka. Tekhnika. Tekhnologii (Politekhmicheskii vestnik) – Science.Engineering. Technologies (Polytechnicheskii Vestnik)*, 2021, no. 4, pp. 205–209.

22. Blokhina N. S., Malygin K. M. *Sozdanie informatsionnoy modeli i raschet etazha administrativnogo zdaniya* [Creating an information model and calculation of the floor of an administrative building]. *Innovatsii i investitsii – Innovations and investments*, 2019, no. 5, pp. 165–168.