

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЗДАНИЯ СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСА НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ

УДК 69.003

**Плахутина Александра Александровна**

студент, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия  
Sasha-plah87@ya.ru

Статья получена: 18.05.2023. Одобрена: 15.06.2023. Опубликовано онлайн: 27.06.2023 © РИОР

**Аннотация.** Информационное моделирование зданий (BIM) и управление жизненным циклом (PLM) становится инновационным способом виртуального проектирования и управления проектами. В последние годы были достигнуты соответствующие успехи в области моделирования, анализа, проектирования, мониторинга и технического обслуживания объектов. Строительная отрасль в настоящее время переживает переход к философии проектирования, ориентированной на жизненный цикл. В данном исследовании рассматривается моделирование жизненного цикла здания на стадии проектирования, эксплуатации и реконструкции в программном комплексе Revit.

**Ключевые слова:** информационное моделирование зданий, жизненный цикл здания, моделирование, виртуальное проектирование

Информационное моделирование зданий (BIM) привлекает внимание как жизненно важный информационный метод в строительной отрасли.

BIM предоставляет возможность совмещать строительство и управление данными, в полном жизненном цикле, от первоначального проектирования до эксплуатации и управления. Также, BIM позволяет извлекать необходимую информацию о трехмерной модели, включающую не только конструктив, но и свойства материалов. При использовании информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла зданий обеспечивается автоматизация про-

ектирования, передача данных в реальном времени, проверка коллизий и отчетности, составление смет и спецификаций.

С развитием BIM-технологий и созданием информационных моделей для объектов капитального или линейного строительства возникает необходимость в создании методов работы с накопленными массивами данных [1,2]. Применяя CIM на разных этапах жизненного цикла и реализуя программы их развития, можно получить необходимую документацию на всех этапах [3,4].

Принципы и методы интеграции технологий информационного моделирования зданий (BIM) и цифровых двойников (DT), которые служат инструментами для оцифровки и представления строительных и производственных технологий, сформулированы в исследовании [5]. Разработка DT может решить проблему обследования состояния строительных конструкций и получения их прочностных характеристик [6,7].

Для сложных объектов ручное моделирование может занять много рабочего времени, что делает 3D-моделирование довольно неэффективным. Используя фотограмметрические процессы, последовательность изображений используется для восстановления геометрии пространства или объекта в 3D-модели [8]. В работе [9] были рассмотрены изменения и моделирование зданий с использованием наземного лазерного сканирования, в качестве вспомо-

## MODELING OF THE LIFE CYCLE OF A SPORTS COMPLEX BUILDING AT THE STAGE OF DESIGN, OPERATION AND RECONSTRUCTION

**Plahutina Aleksandra**

student, Platov South-Russian State Polytechnic University, Novocherkassk, Russian Federation;  
Sasha-plah87@ya.ru

**Abstract.** Building Information Modeling (BIM) and lifecycle management (PLM) is becoming an innovative way of virtual design and

project management. In recent years, corresponding successes have been achieved in the field of modeling, analysis, design, monitoring and maintenance of facilities. The construction industry is currently undergoing a transition to a life-cycle-oriented design philosophy. This study examines the modeling of the life cycle of a building at the stage of design, operation and reconstruction in the Revit software package.

**Keywords:** building information modeling, bim, building life cycle, modeling, virtual design

гательного метода использовалась фотограмметрия. Использование технологии 3D-лазерного сканирования для измерения зданий обеспечивает создание облака точек, которое может быть использовано для создания цифровой документации, позволяющей создать BIM-модель сканируемого объекта [10]. Исследование [11] показывает, что использование 3D-моделей может привести к многочисленным инновациям в технологиях и методах.

Внедрение BIM для модернизации существующих зданий протекает медленно из-за таких проблем, как отсутствие данных или устаревшие данные. В работе [12] была проведена фотограмметрическая съемка здания культурного наследия с беспилотного летательного аппарата, и сгенерированное трехмерное облако точек послужило основой для виртуальной реконструкции модели. Применение BIM наряду с передовыми информационно-коммуникационными технологиями может стать способом решения проблем проектов реконструкции [13], а также реставрации [14].

Возможная связь между 3D-моделями, временем или планированием потенциально снижает риски неправильного понимания и отсутствия информации, позволяющая избежать повторного планирования и задержек сдачи проекта [15-17].

В качестве объекта для осуществления моделирования жизненного цикла на стадии проектирования, эксплуатации и реконструкции выбрано здание спортивного комплекса, расположенного в центральной части г. Новочеркасска по ул. Просвещения, 132 на территории учебного комплекса ФГБОУ ВО «ЮРГПУ (НПИ) имени М. И. Платова».

Процесс моделирования здания спортивного комплекса включает в себя следующие этапы:

1. Создание проекта. Сначала необходимо создать новый проект и настроить такие параметры, как единицы измерения, масштаб и т. д.

2. Создание модели здания. ПК Revit позволяет создавать модели зданий с помощью инструментов 3D-моделирования. Сюда входит создание стен, окон, дверей, перегородок, крыш и т. д.

3. Размещение элементов. После создания модели необходимо разместить электрооборудование, системы вентиляции, системы отопления и т. д.

4. Дизайн интерьера и мебель. После установки всех элементов и систем в здании можно добавить в помещение мебель и технику, такую как столы, стулья, шкафы, кровати и т. д.

5. Создание рабочих чертежей. Рабочие чертежи необходимы для отправки эскизов на производство,

утверждения планов пожарной безопасности, электрооборудования, планов проектов, инженерных чертежей и других документов. Можно создавать простые или сложные рабочие чертежи, а также версии в формате PDF и других форматах.

6. Создание 3D изображений и визуализаций. Изображения необходимы для усиления общего восприятия проекта и для иллюстрации архитектурных решений.

7. Выявление и исправление коллизий. Выявление коллизий важный этап, необходимый для исключения ошибок и конфликтов на этапе строительства и эксплуатации объекта. В ПК Revit существует несколько способов выявления коллизий:

- ПК Navisworks. Navisworks имеет возможности по выявлению конфликтов и коллизий в проекте, а также позволяет создавать виртуальные модели, интегрировать в них данные из разных источников и выявлять конфликты между объектами на этапе проектирования.

- Инструмент в ПК Revit Interference Check также позволяет проверить проект на наличие коллизий между элементами конструкции, выявить проблемные области и исправить ошибки до начала строительства.

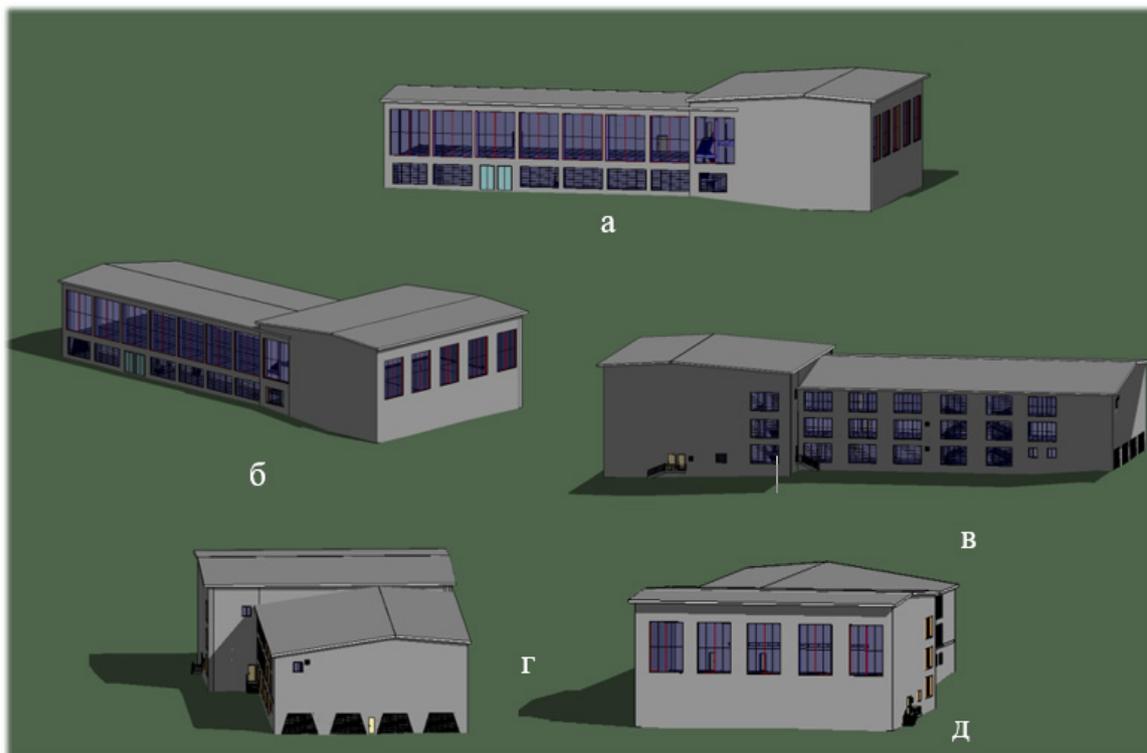
- Регионы конфликтов. В Revit можно создать регионы конфликтов, чтобы выделить области, где возможно возникновение конфликтов, и проверить их на наличие ошибок. Этот инструмент также помогает легко определить конфликтные области и внести изменения в проект.

- Проверка совместимости. В Revit можно проверить совместимость разных элементов конструкции, таких как стены, двери, окна и т. д., что позволяет убедиться в правильности расположения элементов и избежать ошибок при строительстве.

Для моделирования жизненного цикла здания спортивного комплекса на стадии проектирования, эксплуатации и реконструкции был выбран программный комплекс Revit, на основе обзора современных ПК.

Главным преимуществом Revit является возможность использования дополнительных программ или плагинов для расширения возможностей. Существует программное обеспечение Project Dasher которое интегрируется с Revit и другими BIM-платформами позволяя проводить мониторинг здания на протяжении всего жизненного цикла.

Project Dasher — это программное обеспечение, разработанное компанией Autodesk, которое обеспе-



**Рис. 1.** Стадия проектирования.

*a* — Фасад в осях 1-13; *б* — Общий 3D вид здания; *в* — Фасад в осях 13-1; *г* — Фасад в осях А-Н; *д* — Фасад в осях Л-А

чивает управление и мониторинг зданий. С помощью Project Dasher можно получать и анализировать данные разных параметров, связанных с жизненным циклом здания например: энергопотребление здания, определение оптимального уровня энергопотребления, а также определение средств для его оптимизации. ПК Project Dasher может объединяться с другими программами BIM и системами управления зданиями, такими как Building Automation System (BAS), чтобы предоставлять более широкий и точный набор данных.

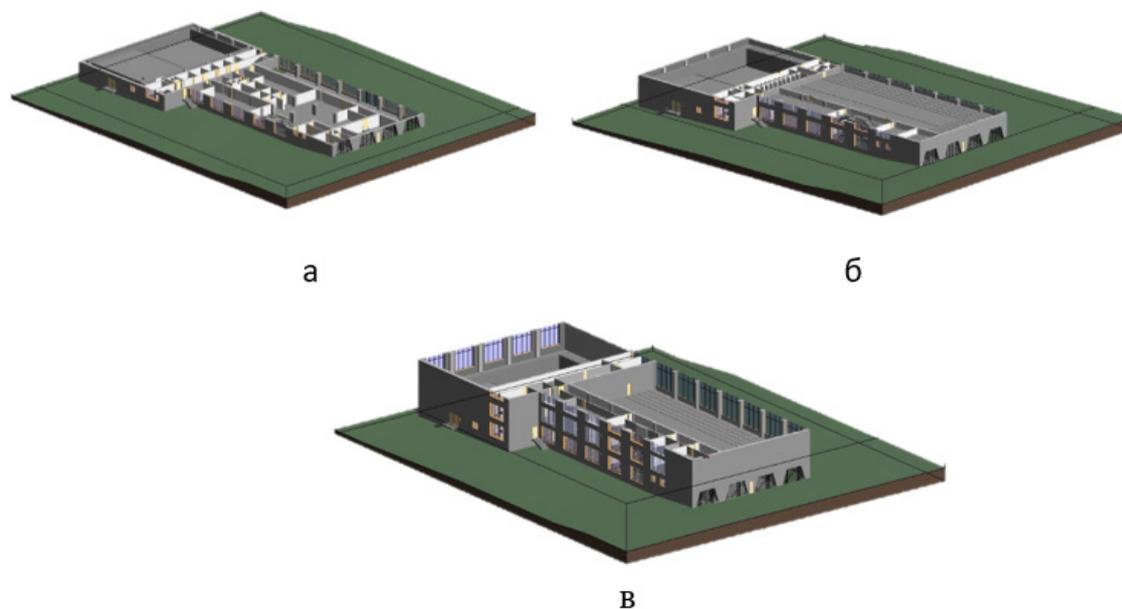
Основными функциями и возможностями Project Dasher являются:

- сбор и хранение данных о здании;
- мониторинг и анализ;
- построение отчетов;
- определение потенциала;
- разработка и реализация стратегий;
- оценка эффективности реализованных мер.

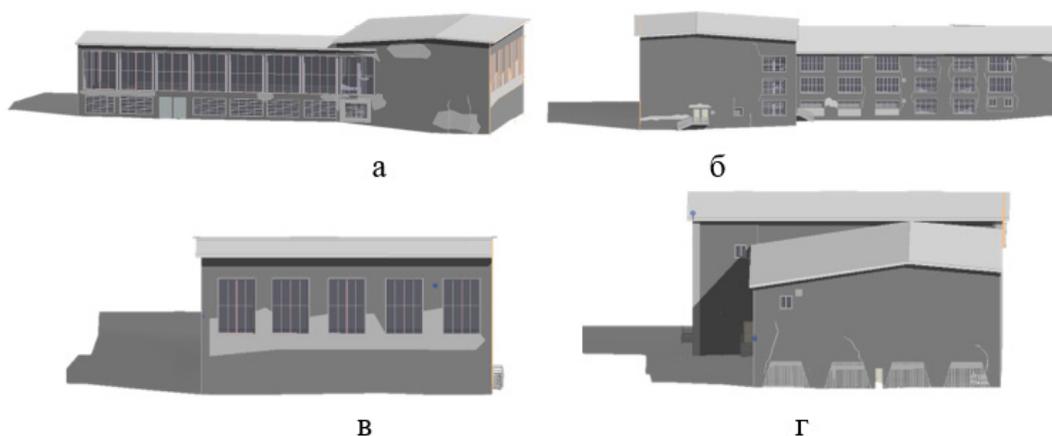
ПК Project Dasher представляет собой инструмент, который может использоваться на разных этапах жизненного цикла здания, от проектирования и строительства до эксплуатации и реконструкции:

- на этапе проектирования здания может использоваться для оптимизации энергопотребления здания, определения показателей энергоэффективности и разработки энергосберегающих стратегий;
- на этапе строительства здания может использоваться для мониторинга энергопотребления и выявления проблем, связанных с энергоэффективностью здания, таких как перепотребление энергии в процессе строительства;
- в эксплуатационный период позволяет следить за энергопотреблением здания, выявлять отклонения от планируемых показателей и реагировать на них, осуществлять мониторинг качества воздуха и других параметров, которые могут влиять на эффективность здания.
- в период реконструкции здания может использоваться для определения потенциала для улучшения энергоэффективности здания и разработки мероприятий для его улучшения.

В целом, использование ПК Project Dasher на протяжении жизненного цикла здания может позволить существенно повысить его энергоэффективность, сократить затраты на энергию и ресурсы, повысить



**Рис. 2.** Стадия проектирования. Общий 3D вид:  
*а* — первый этаж; *б* — второй этаж; *в* — третий этаж



**Рис. 3.** Стадия эксплуатации. Фасад в осях:  
*а* — 1-13; *б* — 13-1; *в* — А-Н; *г* — Л-А

комфорт проживания и работы в здании и снизить воздействие на окружающую среду.

### Моделирование жизненного цикла на стадии проектирования

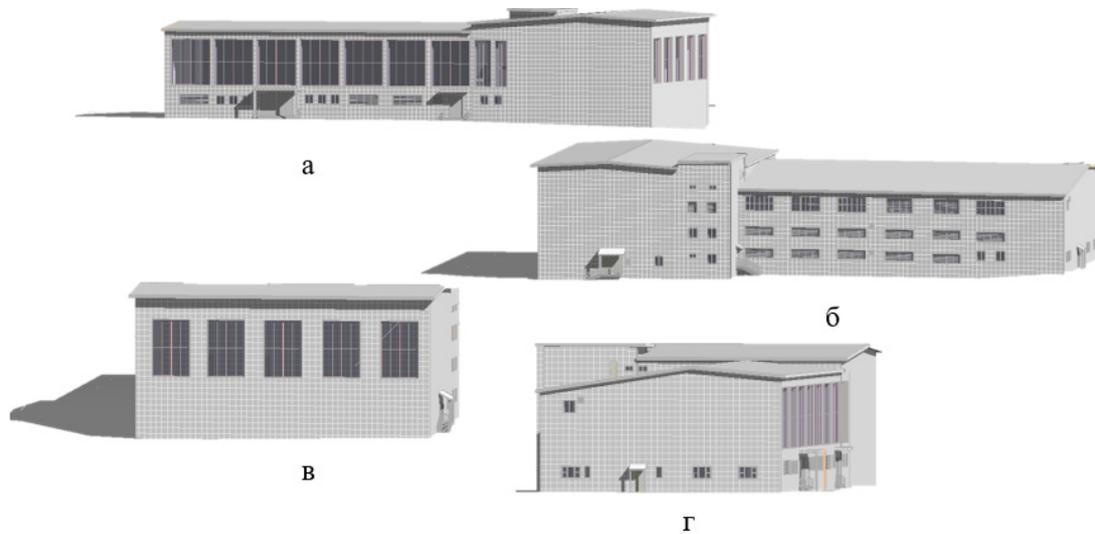
Корпус спортивного комплекса с бассейном представляет собой трехэтажное, кирпичное здание «Г»-образной формы с размерами в плане:  $66,0 \times 24,0 \times 30,0$  м. Здание предусмотрено со встроенным в два света (2-3 этажи) игровым спортивным залом и плавательным бассейном.

Размеры в плане по крайним осям:  $66,0 \times 30,0$  м.

Здание состоит из двух блоков прямоугольной формы с несущими продольными кирпичными стенами и колоннами. Первый блок в осях 1-8 со спортивными залами имеет размеры в плане  $42,0 \times 24,0$  м. Второй блок в осях 8-13 со встроенным бассейном имеет размеры в плане  $24,0 \times 30,0$  м.

Здание — 3-этажное без подвальных помещений. Высота этажей — 3,3 м. Высота спортивного зала, зала с бассейном — переменная.

Блоки состоят из двух пролетов с продольными несущими кирпичными стенами.



**Рис. 4.** Стадия реконструкции. Фасад в осях.  
а — 1-13; б — 13-1; в — А-Н; г — Л-А

Внутренние продольные несущие кирпичные стены и внутренние несущие кирпичные колонны (1-го этажа) выполнены из красного кирпича.

Существующие фундаменты под несущие кирпичные стены и кирпичные колонны — ленточные бетонные, под ж.б. конструкции ванны бассейна — монолитная плита.

Видовые экраны ПК Revit приведены на рис. 1-2.

### Моделирование жизненного цикла на стадии эксплуатации

Строительные конструкции здания спортивного комплекса с плавательным бассейном ЮРГТУ (НПИ) на момент обследования в виду наличия дефектов, снижающих несущую способность и эксплуатационные характеристики, в целом находятся в ограниченно-работоспособном состоянии.

В ограниченно-работоспособном состоянии находятся конструкции стен, части перекрытий, покрытия и кровли, конструкции междуэтажных лестниц не удовлетворяют противопожарным требованиям.

Несущие конструкции чаши бассейна находятся в работоспособном состоянии.

Видовые экраны ПК Revit приведены на рис. 3.

Моделирование жизненного цикла на стадии реконструкции

На стадии реконструкции были выполнены соответствующие мероприятия, обеспечивающие восстановление несущей способности и эксплуатационных характеристик здания, утраченных в ходе эксплуатации. Видовые экраны ПК Revit приведены на рис. 4.

В результате проведенного моделирование жизненного цикла здания, было установлено, что использование BIM на различных этапах жизненного цикла обеспечивает преимущества в получении необходимой документации на всех стадиях проекта.

Также, в ходе работы были выявлены следующие преимущества ПК Revit:

- Программный комплекс Revit позволяет совмещать этапы жизненного цикла такие как проектирование, строительство, управление и эксплуатация, в единой проектной модели.
- Возможность использования дополнительных программ или плагинов для расширения возможностей Revit.
- Инструменты для автоматизации некоторых задач таких как пространственное планирование и моделирование зданий позволяет ускорить процесс проектирования и повысить его качество.
- ПК Revit позволяет быстро и легко изменять параметры и исправлять ошибки, без необходимости вносить изменения в остальные части проекта.
- Возможность генерировать технические чертежи и документацию проекта автоматически на основе 3D-модели.
- ПК Revit обладает функцией экспорта и импорта файлов, что позволяет работать вместе с другими программами и обмениваться информацией с другими разработчиками.
- Возможность использовать единый цифровой протокол данных на всех этапах строительного процесса, что повышает эффективность проекта и улучшает качество работы.

Были выявлены и некоторые минусы ПК Revit:

- Данный программный комплекс является достаточно сложным программным продуктом, который требует определенных знаний и умений для его эффективного использования. Некоторые пользователи могут столкнуться с трудностями при освоении интерфейса и настройке проекта.
- Для работы с ПК Revit необходим мощный компьютер с мощным процессором. Если у компьютера нет необходимых характеристик, то работа с программой может быть замедлена или невозможна.

- Программный комплекс Revit имеет свой формат файла, что иногда вызывает проблемы с совместимостью с другими программными пакетами, при работе вместе с другими разработчиками или при передаче файлов.

- Некоторые пользователи могут столкнуться с ограничениями функционала Revit в некоторых областях, таких как визуализация или трехмерное моделирование. В таких случаях придется использовать дополнительные программы или плагины для расширения возможностей Revit.

### Список литературы

1. Алексанин, А.В., Жаров Я.В. Потенциал использования цифровых информационных моделей в рамках управления строительством // Промышленное и гражданское строительство. — 2022. — № 1. — С. 52-55. — DOI 10.33622/0869-7019.2022.01.52-55
2. Дмитриев, А. Н. Марченкова С. В. Развитие инновационной политики при внедрении технологий информационного моделирования // Промышленное и гражданское строительство. — 2020. — № 10. — С. 87-94. — DOI 10.33622/0869-7019.2020.10.87-94
3. Сборщиков, С. Б. Журавлев П. А. Информационно-аналитическое обеспечение реинжиниринга территории и застройки // Промышленное и гражданское строительство. — 2022. — № 3. — С. 52-58. — DOI 10.33622/0869-7019.2022.03.52-58
4. Каган, П. Б. Представление информации при проектировании, строительстве и эксплуатации линейных объектов инженерных коммуникационных сетей // Промышленное и гражданское строительство. — 2016. — № 3. — С. 71-75.
5. Badenko, V.L., Bolshakov, N.S., Tishchenko, E.B., Fedotov, A.A., Celani, A.C., Yadykin, V.K. Integration of Digital Twin and BIM Technologies within Factories of the Future. Magazine of Civil Engineering. 2020. 101(1). Article No. 10114 DOI: 10.34910/MCE.101.14
6. Перельмутер, А.В. Криксунов Э.З. BIM-технологии в строительном проектировании — «белые пятна» // Промышленное и гражданское строительство. — 2021. — № 5. — С. 60-65. — DOI 10.33622/0869-7019.2021.05.60-65
7. Bushra Obeidat&Esra'a Abdul Rahman Jaradat (2022) The influence of virtual human representations on first-year architecture students' perceptions of digitally designed spaces: a pilot study, <https://doi.org/10.1080/09613218.2022.2083549>
8. Matti Kurkela, Mikko Maksimainen, Arttu Julin, Juho-Pekka Virtanen, Ilari Männistö, Matti T. Vaaja & Hannu Hyypä (2022) Applying photogrammetry to reconstruct 3D luminance point clouds of indoor environments, *Architectural Engineering and Design Management*, 18:1, 56-72, DOI: 10.1080/17452007.2020.1862041
9. Izabela Skrzypczak, Grzegorz Oleniacz, Agnieszka Leśniak, Krzysztof Zima, Maria Mrówczyńska & Jan K. Kazak (2022) Scan-to-BIM method in construction: assessment of the 3D buildings model accuracy in terms inventory measurements, *Building Research & Information*, 50:8, 859-880, DOI: 10.1080/09613218.2021.2011703
10. C. Rodríguez-Moreno, J. F. Reinoso-Gordo, E. Rivas-López, A. Gómez-Blanco, F. J. Ariza-López & I. Ariza-López (2018) From point cloud to BIM: an integrated workflow for documentation, research and modelling of architectural heritage, *Survey Review*, 50:360, 212-231, DOI: 10.1080/00396265.2016.1259719
11. Boland Jr, R. J., Lyytinen, K., & Yoo, Y. (2007). Wakes of innovation in project networks: The case of digital 3-D representations in architecture, engineering, and construction. *Organization Science*, 18(4), 631–647. <https://doi.org/10.1287/orsc.1070.0304>
12. Patricio Martínez-Carricondo, Fernando Carvajal-Ramírez, Lourdes Yero-Paneque & Francisco Agüera-Vega (2020) Combination of nadir and oblique UAV photogrammetry and HBIM for the virtual reconstruction of cultural heritage. Case study of Cortijo del Fraile in Níjar, Almería (Spain), *Building Research & Information*, 48:2, 140-159, DOI: 10.1080/09613218.2019.1626213
13. Darius Migilinskas, Miroslavas Pavlovskis, Irina Urba & Viačeslav Zigmund (2017) Analysis of problems, consequences and solutions for BIM application in reconstruction projects, *Journal of Civil Engineering and Management*, 23:8, 1082-1090, DOI: 10.3846/13923730.2017.1374304
14. Пустовгар А.П., Жунжун Ч., Вэньсэн Ю., Адамцевич А.О. Применение BIM-технологий при реставрации зданий // Промышленное и гражданское строительство. — 2020. — № 6. — С. 42-48. — DOI 10.33622/0869-7019.2020.06.42-48. — EDN HUNDUG.
15. Armin Gruen, Martin Behnisch & Niklaus Kohler (2009) Perspectives in the reality-based generation, nD modelling, and operation of buildings and building stocks, *Building Research & Information*, 37:5-6, 503-519, DOI: 10.1080/09613210903189509
16. Amna Shibeika & Chris Harty (2015) Diffusion of digital innovation in construction: a case study of a UK engineering firm, *Construction Management and Economics*, 33:5-6, 453-466, DOI: 10.1080/01446193.2015.1077982.
17. Fredrik Wikberg, Thomas Olofsson & Anders Ekholm (2014) Design configuration with architectural objects: linking customer requirements with system capabilities in industrialized house-building platforms, *Construction Management and Economics*, 32:1-2, 196-207, DOI: 10.1080/01446193.2013.864780

## Список литературы

1. Aleksanin, A.V., Zharov Ya.V. The potential of using digital information models in the framework of construction management // *Industrial and civil construction*. — 2022. — No. 1. — pp. 52-55. — DOI 10.33622/0869-7019.2022.01.52-55.
2. Dmitriev, A. N. Marchenkova S. V. Development innovation policy in the implementation of information modeling technologies // *Industrial and civil construction*. — 2020. — No. 10. — pp. 87-94. — DOI 10.33622/0869-7019.2020.10.87-94.
3. Assemblers, S. B. Zhuravlev P. A. Information and analytical support of territory reengineering and development // *Industrial and civil construction*. — 2022. — No. 3. — pp. 52-58. — DOI 10.33622/0869-7019.2022.03.52-58.
4. Kagan, P. B. Presentation of information in the design, construction and operation of linear objects of engineering communication networks // *Industrial and civil construction*. — 2016. — No. 3. — pp. 71-75.
5. Badenko, V.L., Bolshakov, N.S., Tishchenko, E.B., Fedotov, A.A., Celani, A.C., Yadykin, V.K. Integration of Digital Twin and BIM Technologies within Factories of the Future. *Magazine of Civil Engineering*. 2020. 101(1). Article No. 10114 DOI: 10.34910/MCE.101.14
6. Perelmuter, A.V. Kriksunov E.Z. BIM-technologies in construction design — "white spots" // *Industrial and civil construction*. — 2021. — No. 5. — pp. 60-65. — DOI 10.33622/0869-7019.2021.05.60-65.
7. Bushra Obeidat&Esra'a Abdul Rahman Jaradat (2022) The influence of virtual human representations on first-year architecture students' perceptions of digitally designed spaces: a pilot study, <https://doi.org/10.1080/09613218.2022.2083549>
8. Matti Kurkela, Mikko Maksimainen, Arttu Julin, Juho-Pekka Virtanen, Ilari Männistö, Matti T. Vaaja & Hannu Hyyppä (2022) Applying photogrammetry to reconstruct 3D luminance point clouds of indoor environments, *Architectural Engineering and Design Management*, 18:1, 56-72, DOI: 10.1080/17452007.2020.1862041
9. Izabela Skrzypczak, Grzegorz Oleniacz, Agnieszka Leśniak, Krzysztof Zima, Maria Mrówczyńska & Jan K. Kazak (2022) Scan-to-BIM method in construction: assessment of the 3D buildings model accuracy in terms inventory measurements, *Building Research & Information*, 50:8, 859-880, DOI: 10.1080/09613218.2021.2011703
10. C. Rodríguez-Moreno, J. F. Reinoso-Gordo, E. Rivas-López, A. Gómez-Blanco, F. J. Ariza-López & I. Ariza-López (2018) From point cloud to BIM: an integrated workflow for documentation, research and modelling of architectural heritage, *Survey Review*, 50:360, 212-231, DOI: 10.1080/00396265.2016.1259719
11. Boland Jr, R. J., Lyytinen, K., & Yoo, Y. (2007). Wakes of innovation in project networks: The case of digital 3-D representations in architecture, engineering, and construction. *Organization Science*, 18(4), 631–647. <https://doi.org/10.1287/orsc.1070.0304>
12. Patricio Martínez-Carricondo, Fernando Carvajal-Ramírez, Lourdes Yero-Paneque & Francisco Agüera-Vega (2020) Combination of nadir and oblique UAV photogrammetry and HBIM for the virtual reconstruction of cultural heritage. Case study of Cortijo del Fraile in Níjar, Almería (Spain), *Building Research & Information*, 48:2, 140-159, DOI: 10.1080/09613218.2019.1626213
13. Darius Migilinskas, Miroslavas Pavlovskis, Irina Urba & Viačeslav Zigmund (2017) Analysis of problems, consequences and solutions for BIM application in reconstruction projects, *Journal of Civil Engineering and Management*, 23:8, 1082-1090, DOI: 10.3846/13923730.2017.1374304
14. Pustovgar A.P., Rongzhong Ch., Wensen Yu., Adamtsevich A.O. The use of BIM technologies in the restoration of buildings // *Industrial and Civil Engineering*. — 2020. — № 6. — P. 42-48. — DOI 10.33622/0869-7019.2020.06.42-48. — EDN HUNDUG.
15. Armin Gruen, Martin Behnisch & Niklaus Kohler (2009) Perspectives in the reality-based generation, nD modelling, and operation of buildings and building stocks, *Building Research & Information*, 37:5-6, 503-519, DOI: 10.1080/09613210903189509.
16. Amna Shibeika & Chris Harty (2015) Diffusion of digital innovation in construction: a case study of a UK engineering firm, *Construction Management and Economics*, 33:5-6, 453-466, DOI: 10.1080/01446193.2015.1077982.
17. Fredrik Wikberg, Thomas Olofsson & Anders Ekholm (2014) Design configuration with architectural objects: linking customer requirements with system capabilities in industrialized house-building platforms, *Construction Management and Economics*, 32:1-2, 196-207, DOI: 10.1080/01446193.2013.864780.