

ГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОГРАЖДАЮЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ

С.В. Мещеряков[✉], Н.А. Солодилова, Н.А. Опаров, И.С. Мещеряков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия
[✉] serg-phd@mail.ru

Аннотация. В современном строительстве ограждающих конструкций зданий и сооружений перспективным направлением является применение пустотелых бетонных камней. Они обладают заметными преимуществами по весу, расходу строительных материалов, модульности структуры, быстрого возведения при сохранении прочности и несущей способности. Однако, в отличие от зарубежных аналогов, российские строительные нормы и правила СП 333.1325800.2020 предъявляют дополнительные требования к ограждающим конструкциям по морозостойкости, водонепроницаемости, особому физико-химическому составу бетонной смеси с различными добавками и др. Это ведет к удорожанию проектов и продлению сроков строительства. В данной работе рассмотрены пути повышения эффективности графического моделирования и автоматизированного проектирования ограждающих строительных конструкций из пустотелых бетонных камней. Для этого использованы современные технологии моделирования в строительстве Building Information Modeling (BIM) и широко известные программные системы, такие как AutoDesk Revit и AutoCAD. Процесс графического моделирования построен по модульному принципу, что позволяет повысить уровень автоматизации в масштабе предприятия, ускорить создание новых строительных проектов, улучшить их качество, а также помимо геометрической составляющей определить эффективный состав бетонной смеси и других материалов в каждом конкретном случае практической реализации. При этом большое значение имеет проверочный расчет принятых решений в автоматизированной системе. В данной работе приведен пример графической 3D-модели наружной стены и расчетного проектирования в автоматизированных системах Revit и AutoCAD. Результаты исследования полезны для дальнейшего развития BIM-методов и их практического применения в различных строительных организациях.

Ключевые слова: ограждающие конструкции, пустотелые бетонные камни, графическое моделирование, BIM-технологии, автоматизированное проектирование, эффективность строительства

Для цитирования. Графическое моделирование ограждающих строительных конструкций на основе BIM-технологий / С.В. Мещеряков, Н.А. Солодилова, Н.А. Опаров, И.С. Мещеряков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2025. Т. 25, № 1. С. 18–25. DOI: 10.14529/build250102

Original article
DOI: 10.14529/build250102

GRAPHIC MODELING OF THE ENCLOSING STRUCTURAL UNITS BASED ON BIM TECHNOLOGIES

S.V. Mescheryakov[✉], N.A. Solodilova, N.A. Oparov, I.S. Mescheryakov
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia
[✉] serg-phd@mail.ru

Abstract. Using hollow concrete stones is a perspective technology in modern construction. It has significant advantages in terms of weight, utilization of construction materials, module structure, rapid installation, and strong bearing capacity at the same time. However, opposite to foreign analogues, the Russian building rules require additional criteria for enclosing structures that is frost resistance, waterproof, specific physical and chemical composition of concrete mixture with various additives, and others. This leads to more expensive projects and longer time of construction. The paper considers the ways to increase the efficiency of graphic modeling and computer-aided design of enclosing structural units made from hollow concrete stones. For this purpose, we use modern technologies of Building Information Modeling (BIM) and worldwide known software products such as AutoDesk Revit and AutoCAD. The graphic modeling process has a module structure which allows increasing enterprise-class automation level, accelerated creation of new construction projects, quality improvement, and besides geometry, the definition of efficient composition of concrete mixture and other materials in each case of certain implementation. At the same time, the verifying

calculation of accepted decisions in computer-aided system is of great importance. The paper presents an example of 3D graphic model of outer wall and computer-aided design using Revit and AutoCAD. The results of the research would be useful for further evolution of BIM technologies and implementation at various companies of construction industry.

Keywords: enclosing structural units, hollow concrete stones, graphic modeling, BIM technologies, computer-aided design, construction efficiency

For citation. Mescheryakov S.V., Solodilova N.A., Oparov N.A., Mescheryakov I.S. Graphic modeling of the enclosing structural units based on BIM technologies. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2025;25(1):18–25. (in Russ.). DOI: 10.14529/build250102

Введение

Объектом исследования являются ограждающие строительные конструкции, применяемые изоляционные материалы и бетонные смеси с добавками и пластификаторами [1]. Предметом исследования являются вычислительные методы и информационные технологии Building Information Modeling (BIM), включая графическое 3D-моделирование.

Целью работы является повышение уровня автоматизации процесса моделирования и проектирования строительных конструкций на основе дальнейшего развития информационных BIM-технологий. Для достижения поставленной цели в работе решаются задачи создания информационных моделей BIM, графических 3D-изображений строительных ограждающих конструкций, упорядочения таких моделей BIM в виде библиотеки, практической реализации в строительных организациях, выявления основных групп пользователей. При этом надо учитывать, что библиотеки типовых моделей BIM находятся в свободном доступе [2].

Актуальность данного исследования заключается в нахождении экономически обоснованных проектных решений, обеспечивающих большую эффективность создания ограждающих строительных конструкций из пустотелых бетонных камней при сохранении их несущей способности.

Критериями эффективности принятия проектных решений являются:

- 1) повышение уровня автоматизации процесса BIM-моделирования и проектирования путем создания и информационного сопровождения библиотек BIM-моделей типовых ограждающих строительных конструкций;

- 2) экономия себестоимости проектирования и сокращение сроков строительства ограждающих конструкций как следствие п. 1;

- 3) уменьшение удельного веса модульных строительных конструкций при сохранении их прочности и несущей способности замещением традиционных железобетонных блоков на современные, такие как пустотелые бетонные камни [3];

- 4) снижение тепловых потерь и уровня шума помещений за счет применения дополнительных изоляционных материалов [1, 4, 5].

Методы

Методы информационных BIM-технологий основаны на объектно-иерархических базах данных графических 3D-моделей различного назначения с разнородными параметрами [6, 7]. Применительно к строительству элементы таких конструкций связаны данными геометрических, физико-технических параметров и функционального назначения. На практике также используется аналог термина «цифровая информационная модель».

Обычно BIM-методы используют специализированные графические базы данных для конкретного производства [8]. Тем не менее они обладают общими характеристиками, поэтому есть потребность в их упорядочении и адаптации к действующим российским строительным нормам и сводам правил СП 333.1325800.2020 [9].

Области практической реализации информационных BIM-методов масштаба предприятия охватывают не только моделирование и проектирование, но и весь жизненный цикл планирования и реализации строительных проектов, управления строительством и ресурсами, информационной поддержки, эксплуатации объектов строительства, вплоть до их полного выхода из употребления [10, 11].

Информационные BIM-методы и модели широко применяются в строительной отрасли для моделирования как отдельных конструкций, так и целых зданий, включая внутреннюю инфраструктуру помещений, хозяйственных коммуникаций и установленного технологического оборудования. На рис. 1 показан пример графической 3D-модели проекта наружной строительной конструкции производственного здания по технологии BIM [12].

Применение BIM-методов в IT-подразделениях строительной отрасли включает такие функциональные возможности, как консолидация данных, агрегирование, преобразование 3D-моделей в различные графические форматы, аналитика, синхронизация с внешними данными и другие [13].

Основными пользователями информационных BIM-технологий являются проектировщики, архитекторы, программисты, администраторы баз данных, руководители IT-подразделений на предприятиях строительной отрасли. Библиотека графических 3D-моделей BIM с физико-

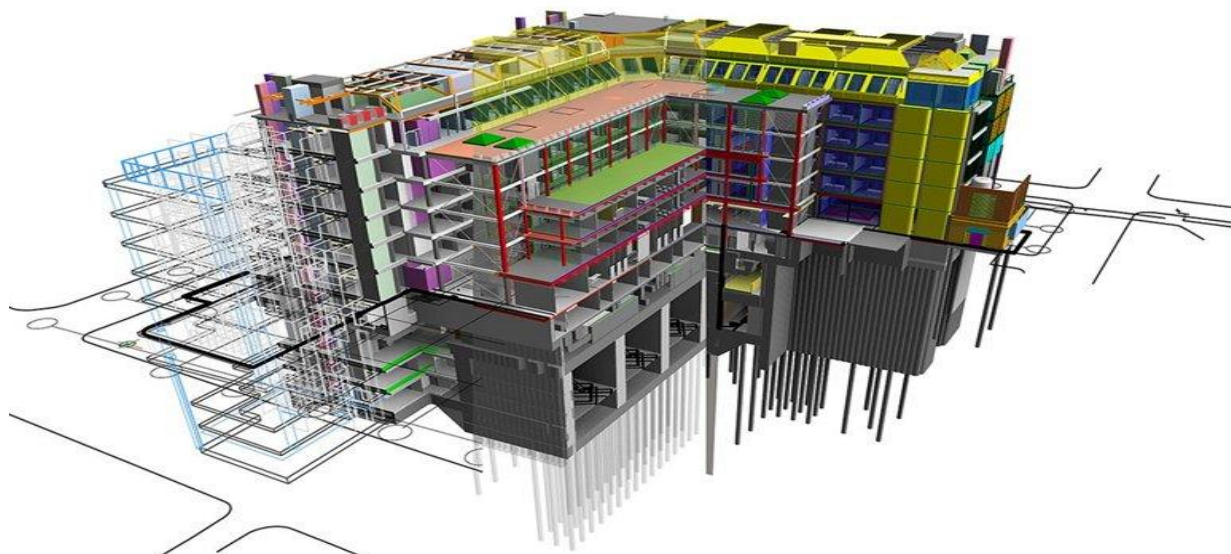


Рис. 1. Пример графической 3D-модели наружной строительной конструкции производственного здания по технологии BIM [12]

техническими параметрами используется совместно всеми группами пользователей и обновляется по мере создания новых информационных моделей BIM в процессе цифровой поддержки всего жизненного цикла.

В данной работе в качестве примера рассматриваются наружные ограждающие стеновые панели зданий из пустотелого бетона (рис. 2). Графическое моделирование и проверка технических параметров ограждений проводились встроенными вычислительными методами систем AutoDesk Revit и AutoCAD [14] и с учетом правил СП 333.1325800.2020 [9].

Результаты и обсуждения

В результате выполненной работы созданы цифровые графические 3D-модели ограждающих конструкций на примере наружных стеновых панелей зданий на основе информационных BIM-технологий для предприятий строительной отрасли.

Графический результат 3D-моделирования строительных конструкций наружных ограждающих стеновых панелей и компоновки помещения представлен на рис. 3. Чертеж 2D внутренней планировки помещения можно получить в системе AutoCAD, которая интегрирована с 3D-моделями Revit.

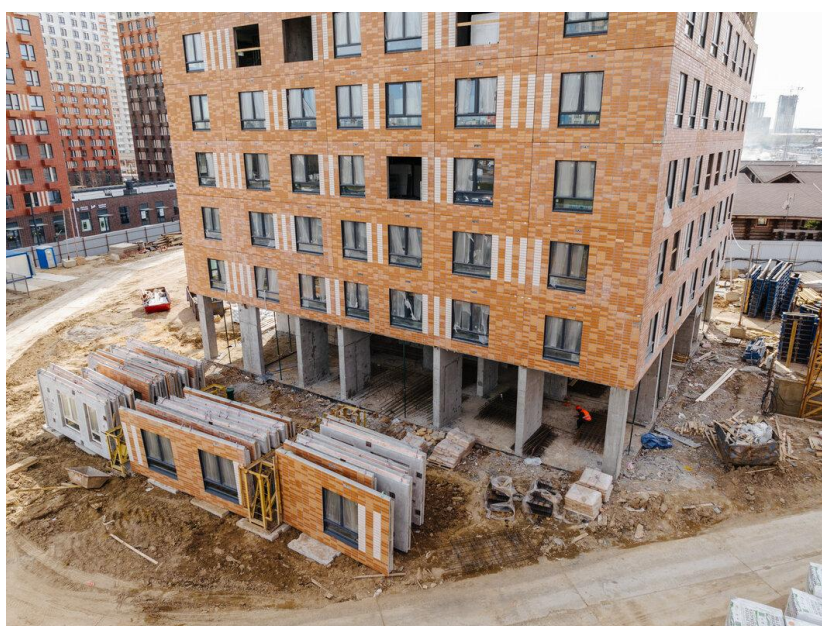


Рис. 2. Пример наружных ограждающих стеновых панелей здания

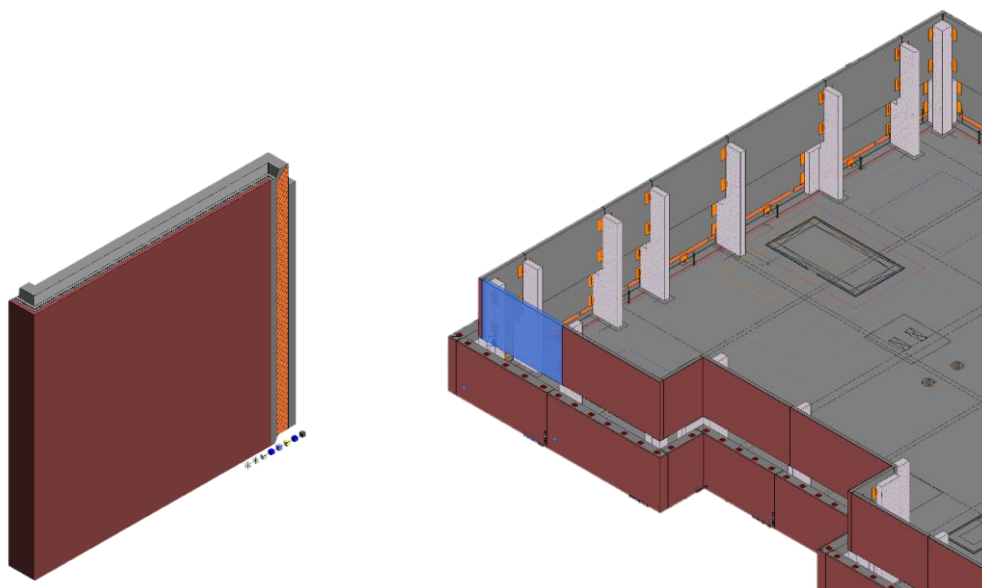


Рис. 3. Результат графического 3D-моделирования наружных ограждающих стеновых панелей здания в системе Revit

Все объекты BIM-моделирования в автоматизированной системе Revit имеют иерархическую структуру (рис. 4). В процессе проектирования использованы типовые 3D-модели из встроенной библиотеки Revit, в том числе изоляционные материалы. В базу данных добавлены новые 3D-модели стеновых панелей, созданные в результате автоматизированного проектирования (рис. 4, узлы от 2024).

Дополнительная изоляция наружных стеновых панелей здания от внешней среды не ставилась целью данной работы и будет предметом будущих исследований и публикаций. Изоляция пус-

тотелых бетонных панелей подбиралась готовой по близким техническим параметрам базы данных Revit. Структура изоляции всегда многослойная и состоит из следующих слоев:

- несущая стена из пустотелых бетонных камней;
- заполнение внутренних полостей камней пеной или сыпучим изолятором;
- механическая защита от внешних воздействий или вторая стена;
- влагозащитная пленка из полиэтилена, поликарбоната, пластика;

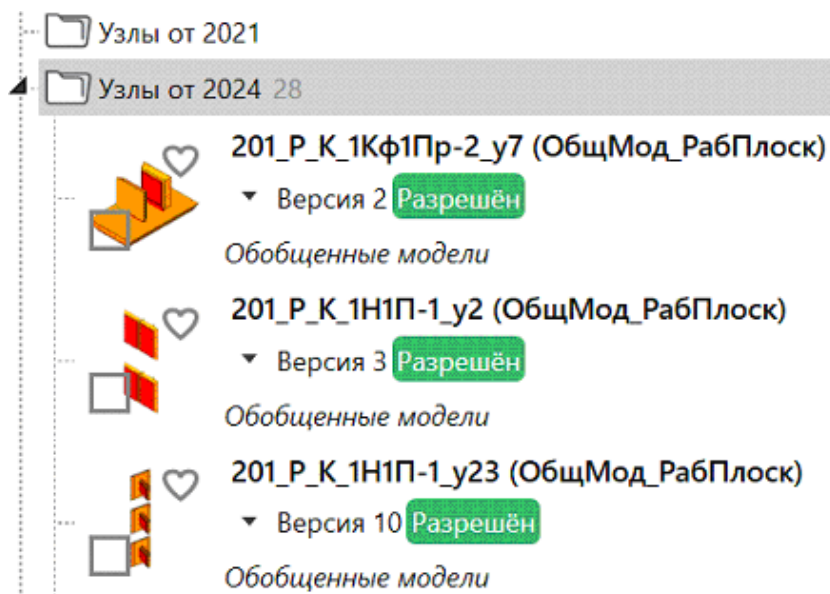


Рис. 4. Фрагмент проектирования объектно-иерархической структуры ограждающих стеновых панелей здания в системе Revit

- термоупругий и пожаростойкий слой на основе синтетического стекловолокна, каменных и базальтовых матов Rockwool, Isover, Ursa;
- звукоизоляция из минеральной ваты, пенополиуретана и др.;
- внутренняя отделка помещения оргалитом или гипсокартоном;
- декоративный слой из выбранного дизайнером материала.

Практическая реализация и внедрение результатов работы выполнены в государственной строительной IT-корпорации ПИК Digital (Москва) [15], где ограждающие стеновые панели из пустотелых бетонных блоков и изоляционные материалы подбираются близкими эталонным моделям по составу и техническим параметрам в базе данных Revit по технологии BIM.

Известны аналогичные результаты и публикации, посвященные различным вопросам 3D-моделирования и физико-технических параметров ограждающих строительных конструкций. Бесплатные библиотеки 3D-моделей BIM для различных областей применения можно найти в открытом доступе [2]. Альтернативные варианты программной реализации модели данных для описания иерархических объектов с произвольными параметрами представлены в работах [16, 17]. В работе [18] оценивается производительность информационных систем с различной архитектурой. В работе [19] внимание уделено уменьшению объема вычислений при 3D-моделировании. Работа [20] посвящена расчету тепловых режимов наружных ограждающих конструкций зданий. В книге [21] описан метод автоматического наполнения библиотеки материалов в системе Revit.

Сравнение ведущих отечественных и зарубежных систем информационного моделирования на примере Renga (Аскон, Россия) [22] и Revit (бывшая Revit Technology Corporation, приобретенная корпорацией Autodesk) содержится в работе [23]. Общий недостаток зарубежных продуктов – высокая стоимость лицензии и повышенные системные требования к оборудованию, у российских разработок – недостаточная функциональность и отсутствие совместимости с другими программами. Платформа Revit наиболее популярна в российской строительной отрасли как многофункциональное решение, интегрирующее архитектурное моделирование, проектирование строительных конструкций, планирование инженерных коммуникаций, управление эксплуатацией зданий, библиотеки типовых графических 3D-моделей и строительных материалов на основе BIM-технологии.

В статье [24] тоже подтверждается, что российская строительная индустрия при ежегодном приросте 14 % отстает от мировых лидеров в области BIM-моделирования на 10–15 лет. Глав-

ными ограничениями распространения BIM-технологий в России являются высокие цены на западные лицензии и необходимость адаптации из-за несоответствия российским строительным нормам и правилам СП 333.1325800.2020 [9]. В последние годы ведущая отечественная система Renga быстро развивается в сторону расширения функционала с учетом российской специфики, в частности информационного моделирования внутренних инженерных сетей отопления, вентиляции, электро- и водоснабжения, канализации и др. Это позволит отечественным результатам в области BIM-технологий стать более востребованными. А пока, согласно исследованиям [24], только 20 % пользователей Revit готовы или уже перешли на отечественное программное обеспечение, а остальные 80 % – даже не собираются.

Выводы

Информационные BIM-технологии активно развиваются (14 % в год) и являются эффективным средством автоматизации деятельности строительных предприятий в целом и отдельных IT-служб и технологических процессов. Объектами графического BIM-моделирования являются строительные конструкции, в том числе изготавливаемые из пустотелых бетонных камней по модульному принципу.

В дополнение к имеющейся графической библиотеке эталонных шаблонов в работе в программных системах Revit и AutoCAD созданы новые графические 3D-модели ограждающих конструкций, которые включены в базовую библиотеку и размещены в открытом доступе в Интернет. Приведена объектно-иерархическая BIM-модель ограждающих конструкций на примере стеновых панелей.

Результаты работы в виде созданных информационных BIM-моделей ограждающих конструкций реализованы на практике при создании новых проектов и внедрены в государственной строительной IT-корпорации ПИК Digital (Москва).

Проведен сравнительный анализ аналогичных отечественных и зарубежных решений в задачах 3D-моделирования в различных областях применения. Показано, что на сегодняшний день российские разработки отстают от мировых тенденций. Наибольшим спросом в строительстве пользуется платформа Autodesk Revit по критериям многофункциональности, наличия открытого доступа к базам данных типовых графических 3D-моделей, библиотекам различных строительных материалов с требуемыми физико-техническими характеристиками, интеграции с другими программными продуктами, реализующими технологию BIM.

В качестве перспективного направления дальнейшего развития работы рассматривается

классификация и упорядочение созданных графических 3D-моделей, их интеграция с существующими типовыми библиотеками BIM и распространение на предприятиях строительной отрасли.

Информационные BIM-технологии масштаба предприятия строительной отрасли нуждаются в непрерывном техническом сопровождении и усовершенствовании на всех стадиях жизненного цикла строительных объектов.

Список литературы

1. Sindalovskiy A.I., Oparov N.A., Krotov O.M., Sultanov S.T., Pestryakov I.I. The Effect of the Plaster Layer on the Sound-insulating Ability of Enclosing Structures Made of Hollow Concrete Stones // Proceedings of Energy, Environmental and Construction Engineering Conference (EECE). Saint Petersburg Polytechnic University. Springer. 2020, pp. 563–574. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43289166>.
2. Библиотека бесплатных BIM моделей Bimobject [Электронный ресурс]. URL: <https://bimlib.pro/models/> (дата обращения 21.10.2024).
3. Пустотелые бетонные блоки для малоэтажных зданий / В.Ф. Черных, О.Н. Макарец, А.Ю. Щибря и др. // Строительные материалы. 2004. № 6. С. 52–53.
4. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М.: АВОК-ПИРЕСС, 2006. 256 с.
5. Гиясов А.И., Мирзоев С.М., Абдулрахман К. Моделирование тепловетровых процессов пристенного слоя ограждающих конструкций зданий при инсоляции // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. № 3. С. 285–297.
6. Мещеряков С.В., Иванов В.М. Построение объектно-реляционных моделей баз данных с произвольным набором атрибутов // Системы управления и информационные технологии. 2005. № 4 (21). С. 82–86.
7. Мещеряков С.В., Иванов В.М. Моделирование иерархических объектов с произвольным набором атрибутов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2009. №1(72). С. 144–149.
8. Мещеряков С.В., Иванов В.М. Методы оптимального проектирования баз данных производственного оборудования. СПб.: Издательство политехнического университета, 2012. 128 с.
9. СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573514520> (дата обращения: 21.10.2024).
10. Михайлычев Д.С., Ерохин А.С., Опарина Л.А. Жизненный цикл инвестиционно-строительного проекта как часть жизненного цикла объекта капитального строительства // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы. 2024. № 1. С. 368–370.
11. Волков А.Н., Мещеряков С.В., Щемелинин Д.А. Анализ подходов к построению системы управления базами данных масштаба предприятия при распределенной инфраструктуре // Системный анализ в проектировании и управлении. СПб.: СПбГПУ, 2014, Ч. 2. С. 30–32.
12. Опаров Н.А., Мещеряков С.В. Моделирование инфраструктуры машиностроительного производства на основе информационных BIM-технологий // Интеллектуально-информационные технологии и интеллектуальный бизнес (ИНФОС-2024): Материалы 15 научно-технической конференции. Вологда. ВоГУ. 2024. С. 20–25.
13. Мещеряков С.В., Щемелинин Д.А., Львов А.С., Израилов К.Е., Буйневич М.В. Программа синхронизации больших удаленных баз данных стандартными средствами SQL // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022615559 Российская Федерация [Электронный ресурс]. СПб.: СПбГУТ, 2022. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48371991> (дата обращения: 21.10.2024).
14. Письмеров К. От проектирования в AutoCAD к 3D-моделированию на платформе Revit: как это сделать грамотно [Электронный ресурс] // САПР и графика. 2012. № 11 (193). С. 30–32. URL: <https://sapr.ru/article/23433> (дата обращения: 21.10.2024).
15. Первая инвестиционная компания ПИК Digital – ИТ на стройке [Электронный ресурс]. URL: <https://pik.digital> (дата обращения 21.10.2024).
16. Мещеряков С.В., Иванов В.М. Реализация модели данных для описания иерархических объектов с произвольными атрибутами // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2009. № 1 (72). С. 139–143.
17. Мещеряков С.В., Горбунов В.А., Львов А.С., Израилов К.Е., Буйневич М.В. Программа для структуры базы данных и описания иерархических объектов с разнородными параметрами // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022616337 Российская Федерация. Электронный ресурс. СПб., СПбГУТ. 2022. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48372769> (дата обращения: 21.10.2024).
18. Пшеничный Д.А., Рогова О.Б. Оценка производительности и работоспособности информационных систем с различной архитектурой // Автоматизация и управление в технических системах. 2012. № 1 (1). С. 147–151.

19. Shchemelinin D.A., Yanchus V.E. Effective Technique to Reduce Big Data Computations in 3D Modeling of Dynamic Objects // *Humanities & Science University Journal*, 2016, no. 17, pp. 61–69.
20. Гиясов А.И., Аниканова Т.В. Моделирование термического режима вертикальных ограждающих конструкций зданий // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура»*. 2024. Т. 24. № 3. С. 5–14.
21. Евсиков И.А. Автоматическое наполнение библиотеки материалов программы Revit с использованием парсинга // *Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: материалы науч.-техн. конф. с международным участием*. СПб.: СПбГАСУ. 2020. С. 42.
22. Renga CAD [Электронный ресурс]. URL: <https://rengacad.com/> (дата обращения: 05.05.2024).
23. Карымова А.И. Отечественные системы информационного моделирования в сравнении с зарубежными аналогами (на примере Renga и Revit) // *Шаг в науку*. 2024. № 2. С. 31–36.
24. Черных М.А., Якушев Н.М. BIM-технология и программные продукты на его основе в России // *Вестник ИГТУ им. М.Т. Калашникова*. 2014. № 1(61). С. 119–121.

References

1. Sindalovskiy A.I., Oparov N.A., Krotov O.M., Sultanov S.T., Pestryakov I.I. The effect of the plaster layer on the sound-insulating ability of enclosing structures made of hollow concrete stones [Electronic resource]. *Proceedings of Energy, Environmental and Construction Engineering Conference (EECE)*. Saint Petersburg Polytechnic University, Springer, 2020, pp. 563–574. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43289166> (accessed 21 October 2024).
2. Biblioteka besplatnykh BIM modeley [Library of Free BIM Models Bimobject]. [Electronic resource]. Available at: <https://bimlib.pro/models/> (accessed 21 October 2024).
3. Chernykh V.F., Makarets O.N., Shchibrya A.Yu., Shestakova E.V., Makarets A.V. [Hollow concrete blocks for low-rise buildings]. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials], 2004, no. 6, pp. 52–53. (in Russ.)
4. Fokin K.F. *Stroitel'naya teplo tekhnika ograzhdayushchikh chastey zdaniy* [Construction heating engineering of enclosing structural units]. Moscow, AVOK-PRESS, 2006. 256 p. (in Russ.)
5. Giyasov A.I., Mirzoyev S.M., Abdulrahman K. [Modeling of thermal-wind processes of wall-mounted layer of building enclosing units during insolation]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of the MGSU], 2022, vol. 17, no. 3, pp. 285–297. (in Russ.)
6. Meshcheryakov S.V., Ivanov V.M. [Creation of object-relational database models with arbitrary set of attributes]. *Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii* [Control Systems and Information Technologies], 2005, no. 4 (21), pp. 82–86. (in Russ.)
7. Meshcheryakov S.V., Ivanov V.M. [Modeling of hierarchical objects with arbitrary set of attributes]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Informatika. Telekommunikatsii. Upravlenie* [Scientific and Technical Bulletin of Saint Petersburg State Polytechnic University. Computer science. Telecommunications and Control Systems], 2009, no. 1 (72), pp. 144–149. (in Russ.)
8. Meshcheryakov S.V., Ivanov V.M. *Metody optimal'nogo proektirovaniya baz dannykh proizvodstvennogo oborudovaniya* [Methods of Optimal Engineering of Production Databases]. Saint Petersburg, Polytechnic University Publishing House, 2012. 128 p. (in Russ.)
9. SP 333.1325800.2020 Informatsionnoye modelirovaniye v stroitel'stve. Pravila formirovaniya informatsionnoy modeli ob'ektov na razlichnykh stadiyakh zhiznennogo tsikla. Elektronnyy fond pravovykh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov [Set of Rules 333.1325800.2020. Building information modeling. Modeling guidelines for various project life cycle stages. Electronic fund of law and normative technical documents] [Electronic resource]. 2020. (in Russ.) Available at: <https://docs.cntd.ru/document/573514520> (accessed 21 October 2024).
10. Mikhailichev D.S., Brokhin A.S., Oparina L.A. [Life cycle of an investment and construction project as a part of life cycle of capital construction object]. *Molodye uchenye – razvitiyu Natsional'noy tekhnologicheskoy initsiativy* [Young Scientists for Development of National Technological Initiative], 2024, no. 1, pp. 368–370. (in Russ.)
11. Volkov A.N., Meshcheryakov S.V., Shchemelinin D.A. [Analysis of the approaches to create the database control system of the enterprise scale in the distributed infrastructure]. *Sistemnyy analiz v proektirovanii i upravlenii* [System Analysis in Engineering and Control], Saint Petersburg, Polytechnic University Publishing House, 2014, vol. 2, pp. 30–32. (in Russ.)
12. Oparov N.A., Meshcheryakov S.V. [Modeling of Mechanical Engineering Infrastructure Based on Information BIM Technologies]. In: *Materialy 15 nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Intellectual'no-informatsionnye tekhnologii i Intellectual'nyy Biznes (INFOS-2024)"* [Proceedings of the 15th scientific and technical Conference “Intellectual Information Technologies and Intellectual Business”]. Vologda, VOGU, 2024. (in Russ.)
13. Meshcheryakov S.V., Shchemelinin D.A., Lvov A.S., Izraiov K.E., Buinevich M.V. *Programma sinkhronizatsii bol'shikh udalennykh baz dannykh standartnymi sredstvami SQL* [Program of big remote database synchronization using standard SQL software] [Electronic resource]. Certificate of State Registration of Computer

Program No. 2022615559 Russian Federation, Saint Petersburg, SPBGUT, 2022. (in Russ.). Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48371991> (accessed 21 October 2024).

14. Pis'merov K. [From design in AutoCAD to 3D modeling on Revit platform: how to do it correctly] [Electronic resource]. *SAPR i grafika* [CAD and Graphics], 2012, no.11(193), pp. 30–32. (in Russ.) Available at: <https://sapr.ru/article/23433> (accessed 21 October 2024).

15. PIK Digital – IT in Construction [PIK Digital – IT na stroike] [Electronic resource]. (in Russ.) Available at: <https://pik.digital> (accessed 21 October 2024).

16. Meshcheryakov S.V., Ivanov V.M. [Implementation of data model to describe the hierarchical objects with arbitrary attributes]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Informatika. Telekommunikatsii. Upravlenie* [Scientific and Technical Bulletin of Saint Petersburg State Polytechnic University. Computer science. Telecommunications and Control Systems], 2009, no. 1 (72), pp. 139–143. (in Russ.)

17. Meshcheryakov S.V., Gorbunov V.A., Lvov A.S., Izraiov K.E., Buinevich M.V. *Programma dlya struktury bazy dannykh i opisaniya iyerarkhicheskikh ob'ektov s raznorodnymi parametrami* [Program for database structure and description of hierarchical objects with arbitrary parameters] [Electronic resource]. Certificate of State Registration of Computer Program No. 2022616337 Russian Federation, Saint Petersburg, SPBGUT, 2022. (in Russ.). Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48372769> (accessed 21 October 2024).

18. Pshenichnyy D.A., Rogova O.B. [Evaluation of productivity and performance of information systems with various architecture]. *Avtomatizatsiya i upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh* [Automation and Control in Technical Systems], 2012, no. 1 (1), pp. 147–151. (in Russ.)

19. Shchemelinin D.A., Yanchus V.E. Effective Technique to Reduce Big Data Computations in 3D Modeling of Dynamic Objects. *Humanities & Science University Journal*, 2016, no. 17, pp. 61–69.

20. Giyasov A.I., Anikanova T.V. [Modeling of the thermal regime of the vertical enclosing structures of buildings]. *Vestnik YuUrGU. Seriya «Stroitel'stvo i arkhitektura»* [Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture], 2024, vol. 24, no. 3, pp. 5–14. (in Russ.)

21. Evsikov I.A. [Automatic fill up of materials library in Revit program using parsing]. In: *Materialy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem "Novye informatsionnye tekhnologii v arkhitekture i stroitel'stve"* [Proceedings of a scientific and technical conference with international participation "New Information Technologies in Architecture and Construction Engineering"]. Saint Petersburg, SPBGASU, 2020, p. 42. (in Russ.)

22. Renga CAD [Electronic resource]. Available at: <https://rengacad.com/> (accessed 5 May 2024).

23. Karymova A.I. [Domestic information modeling systems in comparison with foreign analogues (using Renga and Revit as an example)]. *Shag v nauku* [Step into Science], 2024, no. 2, pp. 31–36. (in Russ.)

24. Chernykh M.A., Yakushev N.M. [BIM technology and software products based on it in Russia]. *Vestnik IGTU im. M.T. Kalashnikova* [Bulletin of IGTU named after M.T. Kalashnikov], 2014, no. 1(61), pp. 119–121. (in Russ.)

Информация об авторах:

Мещеряков Сергей Владимирович, доктор технических наук, доцент, профессор высшей школы дизайна и архитектуры, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия; serg-phd@mail.ru

Солодилова Наталья Алексеевна, доцент высшей школы машиностроения, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия; solodna@yandex.ru

Опаров Никита Андреевич, аспирант высшей школы дизайна и архитектуры, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия; ander_skill@mail.ru

Мещеряков Иван Сергеевич, студент высшей школы транспорта, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия; vano1399_1399@mail.ru

Information about the authors:

Sergey V. Mescheryakov, Doctor (Tech. Sci.), Professor of the Department of Design and Architecture, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia; serg-phd@mail.ru

Natalia A. Solodilova, Associate Professor of the Department of Engineering, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia; solodna@yandex.ru

Nikita A. Oparov, PhD student of the Department of Design and Architecture, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia; ander_skill@mail.ru

Ivan S. Mescheryakov, Student of the Department of Transport, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia; vano1399_1399@mail.ru

Статья поступила в редакцию 11.11.2024, принята к публикации 18.11.2024.

The article was submitted 11.11.2024, approved after reviewing 18.11.2024.